

PENGARUH KOTORAN MANUSIA, KASCING, RUMEN DAN KOMPOS
TERHADAP KETERSEDIAAN NH_4^+ , C-ORGANIK DAN POPULASI
MIKROORGANISME PADA ENTISOL KECAMATAN KREMBUNG,
KABUPATEN SIDOARJO

SKRIPSI



Disusun Oleh :
AYU MASFIATUL FUAD
NPM : 1125010035

Kepada
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA
TIMUR SURABAYA
2016

PENGARUH KOTORAN MANUSIA, KASCING, RUMEN DAN KOMPOS
TERHADAP KETERSEDIAAN NH_4^+ , C- ORGANIK DAN POPULASI
MIKROORGANISME PADA ENTISOL KECAMATAN KREMBUNG,
KABUPATEN SIDOARJO

Disusun Oleh :
AYU MASFIATUL FUAD
NPM : 1125010035

Telah dipertahankan dihadapan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi
Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Pada tanggal 20 Januari 2016

Telah Disetujui Oleh :

Pembimbing

Penguji

1. Pembimbing Utama

1. Ketua

Ir. Setyo Budi Santoso, MP
NIP. 19580101 198803 1001

Ir. Setyo Budi Santoso, MP
NIP. 19580101 198803 1001

2. Pembimbing Pendamping

2. Sekretaris

Ir. Pancadewi Sukaryorini, MT
NIP. 19650516 199203 2001

Ir. Pancadewi Sukaryorini, MT
NIP. 19650516 199203 2001

3. Anggota 1

Dr. Ir. Rosyda Priyadharsini, MP
NIP. 19670319 199103 2001

4. Anggota 2

Dr. Ir. Arika Purnawati, MP
NIP. 19650422 199003 2001

Dekan
Fakultas Pertanian

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Agroteknologi

Dr. Ir. Sukendah, MSc
NIP. 19631031 198903 2001

Dr. Ir. Nora Augustien K., MP
NIP. 19590824 198703 2001

PENGARUH KOTORAN MANUSIA, KASCING, RUMEN DAN
KOMPOSTERHADAP KETERSEDIAAN NH_4^+ , C -ORGANIK DAN
POPULASI MIKROORGANISME PADA ENTISOL KECAMATAN
KREMBUNG, KABUPATEN SIDOARJO

Disusun Oleh :
AYU MASFIATUL FUAD
NPM : 1125010035

Telah Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing

Pendamping

Ir. Setyo Budi Santoso, MP
Sukaryorini, MT
NIP. 195801011988031001

Ir. Pancadewi
NIP. 196505161992032001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Agroteknologi

Dr.Ir. Nora Augustien. K, MP
NIP. 19590824 198703 2001

Telah Direvisi

Tanggal :.....2016

Dosen Pembimbing Utama
Pendamping

Dosen Pembimbing

Ir. Setyo Budi Santoso, MP
Sukaryorini, MT
NIP. 195801011988031001

Ir. Pancadewi
NIP. 196505161992032001

SURAT PERNYATAAN

Berdasarkan Undang – Undang No. 19 Tahun 2002 tentang Hak Cipta dan Permendiknas No. 17 Tahun 2010, pasal 1 Ayat 1 tentang plagiatisme. Maka, saya sebagai penulis Skripsi dengan judul :

PENGARUH KOTORAN MANUSIA, KASCING, RUMEN DAN KOMPOS TERHADAP KETERSEDIAAN NH_4^+ , C-ORGANIK DAN POPULASI MIKROORGANISME PADA ENTISOL KECAMATAN KREMBUNG, KABUPATEN SIDOARJO

Menyatakan bahwa Skripsi tersebut di atas bebas dari plagiatisme.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar – benarnya dan saya sanggup mempertanggungjawabkan sesuai dengan hukum dan perundangan yang berlaku.

Surabaya, 20 Januari 2016

Yang membuat pernyataan

Ayu Masfiatul Fuad
NPM : 1125010035

Ayu Masfiatul Fuad, NPM : 1125010035. Pengaruh Jenis Bahan Organik Kotoran Manusia, Kascing, Rumen Dan Kompos Terhadap Ketersediaan N-Amonium, C-Organik Dan Populasi Mikroorganisme Pada Entisol Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo. Dibimbing oleh : Ir. Setyo Budi Santoso, MP dan Ir. Pancadewi Sukaryorini, MT

ABSTRAK

Entisol mempunyai tingkat kesuburan yang berbeda-beda, dari yang subur sampai yang miskin. Bahan organik memiliki peran penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman, sehingga jika kadar bahan organik tanah menurun, kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas tanaman juga menurun. Selanjutnya karbon dan nitrogen berguna untuk mengetahui tingkat pelapukan dan kecepatan penguraian bahan organik serta ketersediaan unsur hara N di dalam tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui kecepatan mineralisasi dan mengetahui hubungan antara ketersediaan NH_4^+ , C-organik dan populasi mikroorganisme tanah dari berbagai jenis bahan organik. Metode penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan proses inkubasi menggunakan tanah entisol. Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan 4 kotoran manusia, rumen sapi, kotoran cacing, dan kompos diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 12 polybag. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan, dianalisa dengan sidik ragam (anova). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rumen memberikan ketersediaan NH_4^+ semakin meningkat dan lebih cepat kehilangan NH_4^+ pada entisol yang selama inkubasi. Kascing memberikan kandungan carbon semakin meningkat dan pemberian kandungan C-organik sangat lambat pada entisol yang selama inkubasi. Kascing merupakan bahan organik yang paling baik karena adanya hubungan populasi mikroorganisme selalu diikuti dengan peningkatan NH_4^+ dan kandungan C-organik pada entisol selama inkubasi.

Kata kunci : C-organik, NH_4^+ , populasi mikroorganisme

Ayu Masfiatul Fuad, NPM : 1125010035. Pengaruh Jenis Bahan Organik Kotoran Manusia, Kascing, Rumen Dan Kompos Terhadap Ketersediaan N-Amonium, C-Organik Dan Populasi Mikroorganisme Pada Entisol Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo. Dibimbing oleh : Ir. Setyo Budi Santoso, MP dan Ir. Pancadewi Sukaryorini, MT

ABSTRAK

Entisol have fertility storey;level which different each other, from impecunious fertile until. Organic materials have important role in determining ability of land;ground to support crop, so that if organic materials rate of downhill land, ability of land;ground in supporting downhill crop productivity also. Here in after nitrogen and carbon good for knowing decay storey : level and speed of decomposition of organic materials and also the availability of N hara element in land. Intention of this research is to Know speed of mineralisasi and know relation among/between availability of NH_4^+ , C-Organik And land ground mikroorganisme population from various organic materials type. this Research method is conducted by process inkubasi use entisol land. Research device use Complete Random Device (RAL) with treatment 4 human being dirt, ox rumen, worm dirt, and compost repeated by counted 3 times, so that there are 12 polybag. obtained data from result of perception, analysed with manner sidik (anova). Result of this research indicate that rumen give the availability of NH_4^+ progressively mount and quicker losing of NH_4^+ at entisol which during inkubasi. Kascing give carbon content progressively mount and obstetrical present of C-Organik very tardy at entisol which during inkubasi. Kascing represent best organic materials caused by mikroorganisme population relation is always followed with make-up of NH_4^+ and C-Organic content at entisol during inkubasi.

Key words : C-organic, NH_4^+ , mikroorganisme population

KATA PENGANTAR

Dengan segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan taufik serta hidayah-Nya kepada penulis dapat menyelesaikan Karil 2 skripsi, yang berjudul “PENGARUH KOTORAN MANUSIA, KASCING, RUMEN DAN KOMPOS TERHADAP KETERSEDIAAN NH_4^+ , C- ORGANIK DAN POPULASI MIKROORGANISME PADA ENTISOL KECAMATAN KREMBUNG, KABUPATEN SIDOARJO.”

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi Agroteknologi di Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional “VETERAN“ Jawa Timur.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat masukan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu perkenankan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Ir. Setyo Budi Santoso, MP dan Ibu Ir. Pancadewi. S, MT.
Selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan masukan arahan, kebijaksanaan, kesabaran dan bimbingannya dalam menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Sabdik dan ibu Sunarsih Kedua orang tua yang telah memberikan dorongan, do'a, semangat dan kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.

3. Dr. Ir. Nora Agustien. K, MP Selaku Ketua program studi Agroteknologi Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Jawa Timur.
4. Dr. Ir. Sukendah, MSc Selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
5. Laras S.A. S.Ikom, Hesty M.L. SE dan Pramita Eka, S.Tp yang memberikan motivasi serta dukungan agar dapat menyelesaikan skripsi.
6. Berlian Mazaya, Bagus, Didik, Fitriani, dan Nofrianto yang telah memberikan saran, kritik, dan semangat
7. Teman-teman senasib dan seperjuangan Program Studi Agroteknologi angkatan 2011.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran dapat menyempurnakan laporan yang bersifat membangun.

Akhir kata, penulis mengharapkan dapat bermanfaat bagi semua yang membacanya dan sebagai wahana menambah pengetahuan serta pemikiran. Semoga Allah Subhanahu Wataaala selalu tetap memberikan rahmat dan hidayahNya kepada semua pihak, Amin.

Surabaya,.....Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	<u>Halaman</u>
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
 I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Hipotesis Penelitian.....	4
 II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bahan Organik	5
2.2 Pemanfaatan Bahan Organik	6
2.3 Kotoran Manusia	9
2.4 Rumen Sapi	11
2.5 Kompos	12
2.6 Kascing (Kotoran Cacing)	14
2.7 Unsur C (Karbon)	15
2.8 Unsur N (Nitrogen) Dengan Populasi Mikroorganisme	17
2.9 Taksonomi Entisol	19
 III. METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	21
3.2 Bahan dan Alat	21
3.2.1 Bahan	21

3.2.2 Alat	21
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	22
3.3.1 Pengambilan Tanah	22
3.3.2 Bahan Organik.....	23
3.3.3 Inkubasi	25
3.4 Rancangan Penelitian.....	26
3.5 Teknik Analisis Parameter	27
3.6 Skema Alur Penelitian	31
3.7 Analisis Data.....	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 HASIL.....	34
4.1.1 Pengaruh Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Ketersediaan NH_4^+	34
4.1.2 Pengaruh Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Kandungan Unsur Hara Carbon.....	37
4.2 Pembahasan	41
4.2.1 Hubungan Ketersediaan NH_4^+ Dengan Kandungan Unsur Hara Carbon	41
4.2.2 Hubungan Populasi Mikroorganisme Dengan Ketersediaan NH_4^+	44
4.2.3 Hubungan Populasi Mikroorganisme Dengan Kandungan Unsur Hara Carbon.....	47
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

<u>Nomor</u>	<u>Judul</u>	<u>Halaman</u>
1.	Standar Kualitas Pupuk Organik	8
2.	Rasio Carbon dan Nitrogen Dari Beberapa Bahan Organik	10
3.	C/N Rasio Beberapa Bagian Tanaman Dan Bahan Organik ..	14
4.	Rancangan Penelitian	26
5.	Pengaruh Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Ketersediaan NH_4^+	34
6.	Perhitungan Delta Pada Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Kecepatan Mineralisasi NH_4^+	35
7.	Pengaruh Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Kandungan Unsur Hara Carbon	37
8.	Perhitungan Delta Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Pelepasan Kandungan Unsur Hara Carbon	39
9.	Pembagian Tingkatan Pertumbuhan Populasi Mikroorganisme	45

DAFTAR GAMBAR

<u>Nomor</u>	<u>Judul</u>	<u>Halaman</u>
10.	Skema Alur Kegiatan Penelitian.....	31
11.	Pengaruh Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Ketersediaan NH_4^+	35
12.	Pengaruh Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Kecepatan Mineralisasi NH_4^+	36
13.	Pengaruh Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Kandungan Unsur Hara Carbon	38
14.	Pengaruh Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Pelepasan Kandungan Unsur Hara Carbon.....	40
15.	Hubungan Antara NH_4^+ Dengan Carbon Pada Jenis Bahan Organik Selama Inkubasi.....	42
16.	Kurva Pertumbuhan Mikroorganisme	44
17.	Hubungan antara populasi mikroorganisme dengan ketersediaan NH_4^+ pada jenis bahan organik selama inkubasi	46
18.	Hubungan antara populasi mikroorganisme dengan ketersediaan NH_4^+ pada jenis bahan organik selama inkubasi	47

DAFTAR LAMPIRAN

<u>Nomor</u>	<u>Judul</u>	<u>Halaman</u>
19.	Pemberian Dosis Perpolybag.....	53
20.	Penetapan N Metode Pembangkit Warna Indofenol Biru	55
21.	Penetapan C-organik Metode Walkey Black	58
22.	Penetapan Populasi Mikroorganisme.....	60
23.	Hasil Analisa Populasi Mikroorganisme	63
24.	Analisis Sidik Ragam NH_4^+ 0 MSI.....	65
25.	Analisis Sidik Ragam NH_4^+ 1 MSI.....	66
26.	Analisis Sidik Ragam NH_4^+ 2 MSI.....	67
27.	Analisis Sidik Ragam NH_4^+ 3 MSI.....	68
28.	Analisis Sidik Ragam NH_4^+ 4 MSI.....	69
29.	Analisis Sidik Ragam C-Organik 0 MSI	70
30.	Analisis Sidik Ragam C-Organik 1 MSI	71
31.	Analisis Sidik Ragam C-Organik 2 MSI	72
32.	Analisis Sidik Ragam C-Organik 3 MSI	73
33.	Analisis Sidik Ragam C-Organik 4 MSI	74

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Entisol mempunyai tingkat kesuburan yang berbeda-beda, dari yang subur sampai yang miskin. Pengelolaan tanah yang berkelanjutan berarti suatu upaya pemanfaatan tanah melalui pengendalian masukan dalam suatu proses untuk memperoleh produktivitas tinggi secara berkelanjutan, meningkatkan kualitas tanah, serta memperbaiki karakteristik lingkungan. Dengan demikian diharapkan kerusakan tanah dapat ditekan seminimal mungkin sampai batas yang dapat ditoleransi, sehingga sumberdaya tersebut dapat dipergunakan secara lestari dan dapat diwariskan kepada generasi yang akan datang. Bahan organik memiliki peran penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman, sehingga jika kadar bahan organik tanah menurun, kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas tanaman juga menurun. Menurunnya kadar bahan organik merupakan salah satu bentuk kerusakan tanah yang umum terjadi. Bahan organik adalah bagian dari tanah suatu sistem yang kompleks dan dinamis, yang bersumber dari sisa tanaman dan binatang yang terdapat di dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk, karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, dan kimia (Kononova, 1961).

Bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah mengandung karbon yang tinggi. Pengaturan jumlah karbon di dalam tanah meningkatkan produktivitas tanaman dan keberlanjutan umur tanaman karena dapat meningkatkan kesuburan tanah dan penggunaan hara secara efisien. Adapun penggunaan bahan organik seperti kascing memiliki kandungan C hara tersedia yang tinggi dan populasi mikroorganisme dibanding mineral tanah disekitarnya. (Yulipriyanto, 2010). Selain itu ada juga kotoran manusia tidak jauh berbeda dibanding kotoran ternak. Kalaupun berbeda tentu akibat pola makan dan sistem pencernaan yang berbeda. Sehingga kotoran manusia memiliki keunggulan dari segi nutrisi, dimana nisbah karbon (C) dan nitrogen (N) jauh lebih rendah dari kotoran ternak. (Sihombing, 1988).

Kompos pada tanaman sangat penting untuk menyediakan hara yang dibutuhkan tanaman. Pemberian kompos yang terlalu banyak dapat mengakibatkan ketidakseimbangan hara di dalam tanah dan tanaman. Selain itu tidak semua N dari kompos dapat diserap oleh tanaman, sehingga mengakibatkan berlebihnya hara N dan dapat menjadi polusi lingkungan (Smith and Peterson, 1982). Ada pula bahan organik rumen yang mengalami dekomposisi pada pencernaan dalam perut sapi sebagian serat kasar serta proses fermentative yang terjadi dengan bantuan mikroorganisme, terutama bakteri anaerob dan protozoa (Chutikul, 1975).

Ketersediaan hara bagi tanaman tergantung pada tipe bahan yang termineralisasi dan hubungan antara karbon dan nutrisi lain (misalnya

rasio antara C/N, C/P, dan C/S) (Delgado dan Follet, 2002). Tingkatan nisbah C/N optimum mempunyai rentang antara 20 – 25 (kandungan N sekitar 1,4 – 1,7%) yang ternyata ideal untuk dekomposisi maksimum karena tidak akan terjadi pembebasan nitrogen melalui mineralisasi dari sisa-sisa organik di atas jumlah yang dibutuhkan oleh mikroorganisme.

Hubungan antara karbon dan nitrogen di dalam tanah sangat penting. Ketersediaan C sebagai sumber energi berlebihan menurut perbandingannya dengan ketersediaan N bagi pembentukan protein mikroba, maka kegiatan jasad renik akan terhambat. Selanjutnya karbon dan nitrogen berguna untuk mengetahui tingkat pelapukan dan kecepatan penguraian bahan organik serta ketersediaan unsur hara nitrogen di dalam tanah. (Bachtiar, 2006).

Unsur hara yang terkandung dalam sisa bahan tanaman baru bisa dimanfaatkan kembali oleh tanaman apabila telah mengalami dekomposisi dan mineralisasi. Menurut Marschner (1995) menyatakan bahwa gula, protein sederhana adalah bahan yang mudah terdekomposisi, sedangkan lignin yang akan lambat terdekomposisi.

Kecepatan proses mineralisasi setiap bahan organik tanah mempunyai kemampuan yang berbeda-beda tergantung dari dan kondisi lingkungan selama proses dekomposisi berlangsung. yang berkualitas tinggi akan terdekomposisi lebih cepat dibanding dengan bahan organik yang berkualitas rendah.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang penelitian di atas, maka didapatkan perumusan masalah, sebagai berikut :

- a. Apakah pemberian (rumen, kascing, kotoran manusia dan kompos) berkorelasi terhadap ketersediaan NH_4^+ , C-organik dan populasi mikroorganisme pada entisol ?
- b. Manakah diantara organik (rumen, kascing, kotoran manusia dan kompos) yang memberikan ketersediaan NH_4^+ , C-organik dan populasi mikroorganisme yang paling tinggi ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui hubungan antara ketersediaan NH_4^+ , C-organik dan populasi mikroorganisme tanah dari rumen, kotoran cacing (kascing), kotoran manusia dan kompos.
2. Mengetahui kecepatan ketersediaan NH_4^+ , C-organik dari rumen, kotoran cacing (kascing), kotoran manusia dan kompos.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang populasi mikroorganisme pada rumen, kotoran cacing, kotoran manusia dan kompos.
2. Dapat dijadikan sebagai dasar atau opsi dalam pertimbangan untuk menentukan bahan organik yang menyediakan kandungan (NH_4^+ dan C-organik) dan populasi mikroorganisme

1.5 Hipotesis Penelitian

1. Rumen akan memberikan ketersediaan NH_4^+ paling tinggi
2. Kotoran cacing akan menyediakan kandungan C-organik tertinggi
3. Semakin banyak populasi mikroorganisme akan meningkatkan ketersediaan NH_4^+ dan kandungan C-organik

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Organik

Bahan organik memiliki peran penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman, sehingga jika kadar bahan organik tanah menurun, kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas tanaman juga menurun. Menurunnya kadar bahan organik merupakan salah satu bentuk kerusakan tanah yang umum terjadi. Kerusakan tanah merupakan masalah penting bagi negara berkembang karena intensitasnya yang cenderung meningkat sehingga tercipta tanah-tanah rusak yang jumlah maupun intensitasnya meningkat (Kononova, 1961)

Faktor-faktor yang mempengaruhi dekomposisi bahan organik dapat dikelompokkan dalam tiga grup, yaitu 1) sifat dari bahan tanaman termasuk jenis tanaman, umur tanaman dan komposisi kimia, 2) tanah termasuk aerasi, temperatur, kelembaban, kemasaman, dan tingkat kesuburan, dan 3) faktor iklim terutama pengaruh dari kelembaban dan temperature (FAO, 1999).

Bahan organik yang berasal dari sisa tanaman mengandung bermacam macam unsur hara yang dapat dimanfaatkan kembali oleh tanaman jika telah mengalami dekomposisi dan mineralisasi. Selama proses dekomposisi bahan organik, terjadi immobilisasi dan imobilisasi (mineralisasi) unsur hara. Immobilisasi adalah perubahan unsur hara dari bentuk anorganik menjadi bentuk organik yaitu terinkorporasi dalam

biomassa organisme dekomposer. Sedangkan mineralisasi terjadi sebaliknya. Kedua kegiatan ini tergantung pada proporsi kadar hara dalam bahan organik. Immobilisasi nitrogen secara netto terjadi bila nisbah antara C dan N bahan organik lebih dari 30, sedangkan mineralisasi netto terjadi bila nisbahnya kurang dari 20. Jika nisbahnya antara 20 hingga 30 maka terjadi kesetimbangan antara mineralisasi dan immobilisasi. Immobilisasi dan mineralisasi tidak hanya terjadi pada unsur nitrogen, tapi juga terjadi pada unsur lain. Pada saat terjadi immobilisasi tanaman akan sulit menyerap hara karena terjadi persaingan dengan dekomposer (Atmojo, 2003).

Kualitas dan kuantitas input bahan organik akan berpengaruh pada kandungan bahan organik tanah. Substrat organik dengan C/N rasio sempit (<25) menyebabkan dekomposisi berjalan cepat, sedangkan pada bahan dengan C/N rasio lebar (>25) maka mendorong imobilisasi, pembentukan humus, akumulasi bahan organik dan peningkatan struktur tanah. Input bahan yang mengandung lignin dan polyphenol akan menghambat dekomposisi (Hairiah et al, 2000).

2.2 Pemanfaatan Bahan Organik

Beberapa manfaat bahan organik di dalam tanah antara lain adalah (1) Memperbaiki struktur tanah; pengolahan tanah menjadi lebih mudah karena tanah menjadi lebih ringan dan gembur. (2) bahan organik mengandung unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan oleh tanaman. (3) Mikrobia – mikrobia yang terdapat dalam bahan organik membantu meningkatkan kesuburan tanah melalui pengikatan Nitrogen, dan juga

membantu dalam proses mineralisasi senyawa-senyawa kimia dalam tanah. (4) bahan organik juga mengandung hormon-hormon dan zat antibiotik yang penting bagi pertumbuhan tanaman (FAO, 1999).

Bahan organik dapat dimanfaatkan oleh tanaman salah satunya melalui pupuk organik. Marsono dan Paulus (2001) mengemukakan bahwa manfaat pupuk organik adalah menyediakan unsur hara yang kurang atau bahkan tidak tersedia di tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Namun, secara terperinci manfaat pupuk organik dapat dibagi dalam dua macam yaitu :

1. Manfaat pupuk organik yang berkaitan dengan sifat fisika tanah yaitu :
 - a) Memperbaiki struktur tanah dari padat menjadi gembur
 - b) Mengurangi erosi pada permukaan tanah
 - c) Sebagai penutup tanah dan dapat memperbaiki struktur tanah dibagian permukaan.
2. Manfaat pupuk organik yang berkaitan dengan sifat kimia tanah yang paling banyak dirasakan penggunaannya yaitu :
 - a) Menyediakan unsur hara yang diperlukan bagian tanaman.
 - b) Membantu mencegah kehilangan unsur hara yang cepat hilang seperti nitrogen, fosfor dan kalium.
 - c) Memperbaiki keasaman tanah.

Rosmarkam dan Yuwono (2002) menyebutkan untuk mengetahui beberapa sifat baik pada pupuk organik antara lain:

1. Bahan organik akan melepaskan hara tanaman yang lengkap (N, P, K, Ca, Mg, S, serta hara mikro) dalam jumlah tidak tentu dan relatif kecil.
2. Bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah, tanah menjadi ringan
3. Bahan organik dapat meningkatkan daya sangga terhadap guncangan perubahan sifat tanah
4. Bahan organik meningkatkan Kapasitas Pertukaran Kation sehingga kemampuan mengikat kation lebih tinggi
5. Bahan organik meningkatkan daya menahan air, sehingga kemampuan tanah untuk menyediakan air menjadi lebih banyak.

Hadisuwito (2012) menyebutkan bahwa pupuk organik mempunyai beberapa keunggulan, yaitu :

1. Mengandung unsur hara makro dan mikro lengkap, tetapi jumlahnya sedikit
2. Dapat memperbaiki struktur tanah, sehingga tanah menjadi gembur
3. Memiliki daya simpan air (water holding capacity) yang tinggi
4. Beberapa tanaman yang dipupuk dengan pupuk organik lebih tahan terhadap serangan hama.

5. Meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang menguntungkan.
 6. Memiliki residual effect yang positif, sehingga tanaman yang ditanam pada musim berikutnya tetap bagus pertumbuhan dan produktivitasnya. Adapun standar kualitas pupuk organik berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.
- Standar Kualitas Pupuk Organik.

Tabel 1. Standar Kualitas Pupuk Organik

No	Parameter	Satuan	Syarat Mutu Teknis	
			Granul	Cair
1	C-Organik	%	>12	
2	C/N rasio	%	15-25	12-25
3	Bahan ikutan (krikil, beling, pasir)	%	10-20*)	
4	Kadar air	ppm	10-20	
5	Kadar logam berat			
	Pb	ppm	50	12,5
	Cd	ppm	10	2,5
	Hg	ppm	1	0,25
	As	ppm	10	2,5
6	Ph		4-8	4-8
7	Kadar total			
	N	%	< 6**	< 2
	P ₂ O ₅	%	< 6***	< 2
	K ₂ O	%	< 6***	< 2
8	Mikroba pathogen (E. coli, Salmonella sp.)	fu/g; Cfu/mL	<10 ²	<10 ²
9	Kadar Unsur Mikro			
	Fe total	ppm	min 0,maks 8000	min 0,maks 800
	Mn	ppm	min 0,maks 5000	min 0,maks 1000
	Cu	ppm	min 0,maks 5000	min 0,maks 1000
	Zn	ppm	min 0,maks 5000	min 0,maks 1000
	B	ppm	min 0,maks 2500	min 0,maks 1000

	Co	ppm	min 0, maks 20	min 0, maks 5
	Mo	ppm	min 0, maks 10	min 0, maks 1

Sumber : Hadisuwito, 2012

Keterangan :

- *) kadar air berdasarkan bobot asal
- **) $N\text{-total} = N\text{ organik} + N\text{-NH}_4 + N\text{-NO}_3$; $N_{\text{kjeldahl}} = N\text{-organik} + N\text{-NH}_4$; C/N , $N=N\text{-total}$
- ***) Bahan-bahan tertentu yang berasal dari bahan organik alami diperbolehkan mengandung kadar P_2O_5 dan $K_2O > 6\%$ (dibuktikan dengan hasil laboratorium)

2.3 Kotoran Manusia (Feses)

Kotoran manusia merupakan komponen utama dari limbah cair organik rumah tangga. Kandungan haranya berbeda-beda tergantung dari jenis makanan yang dikonsumsi. (Hadisuwito, 2012).

Limbah manusia (feses) dari hasil pengambilan dikumpulkan dalam bak penampung bahan baku sebelum memasuki tangki berpengaduk. Untuk mendapatkan rasio C/N yang optimum yaitu 25-30 : 1, maka ditambahkan jerami kedalam tangki berpengaduk. Rasio C / N merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhatikan untuk pertumbuhan mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi. Selain jumlah nutrisi seperti unsur C, N, dan P sebaiknya berada pada rasio atau perbandingan yang tepat. Apabila unsur N dan P terlalu sedikit dibandingkan dengan unsur C, maka konversi C menjadi CH_4 menjadi tidak sempurna (Stafford et al, 1978).

Ada beberapa faktor penting yang dapat memengaruhi proses pembentukan pada limbah manusia yaitu : bahan organik (terdapat kandungan nitrogen dalam umpan yang rendah, yaitu sekitar 0,4-0,6% sehingga unsur C/N ratio optimum sekitar 25-30% dan bahan kering

sekitar 7-9%), lingkungan optimal (temperatur dalam sumur digester stabil pada kisaran 33-38⁰C (mesofilik) dan pH sekitar 6,6-7,6 (netral), dan manajemen seperti frekuensi masukan per satuan waktu dan adanya bahan-bahan yang beracun (Stafford et al, 1978).

Mc. Garry dan Stainforth (1989) menyatakan bahwa proses awal dari perombakan limbah manusia dalam sumur digester adalah proses hidrolisis dari bahan organik yang mudah larut dan terurai dari bentuk kompleks menjadi sederhana. Tahap berikut dilanjutkan pada proses pengasaman dimana bagian yang telah terlarut dan disederhanakan membentuk asam organik dan alkohol/etanol. Tahap akhir pembentukan gas methane (CH₄) melalui tiga cara :

1. Melalui perombakan asam-asam organik membentuk gas methane
2. Melalui oksidasi alkohol/ethanol oleh karbondioksida membentuk gas methane
3. Melalui reduksi karbondioksida membentuk gas methane

Bakteri penghasil metana menggunakan karbon 30 kali lebih cepat dari pada nitrogen. Pada bahan yang memiliki jumlah karbon 15 kali dari pada jumlah nitrogen akan memiliki C/N ratio 15 : 1, C/N ratio dengan nilai 30 (C/N = 30/1 atau karbon 30 kali dari jumlah nitrogen) akan menciptakan proses pencernaan pada tingkat yang optimal (Haryati, 2006). Berikut adalah Tabel 2 yang menunjukkan nilai C/N rasio dari beberapa jenis bahan organik sebagai berikut :

Tabel 2. Rasio Karbon Dan Nitrogen Dari Beberapa Bahan Organik

No	Bahan Organik	Kandungan C/N
1	Kotoran bebek	8 : 1
2	Kotoran manusia	8 : 1
3	Kotoran ayam	10 :1
4	Kotoran sapi/kerbau	24 : 1
5	Serbuk gergaji	200 :1
6	Ampas tebu	220 : 1

Sumber : Haryati, 2006

2.4 Rumen Sapi

Ranjhan dan Pathak (1979) menyatakan bahwa Rumen merupakan bagian lambung sapi yang merupakan organ utama dalam proses pencernaan fermentatif. Karbohidrat kompleks yang ada pada rumen meliputi selulosa, hemiselulosa, dan lignin dipecah menjadi asam atsiri, khususnya asam asetat, proppionat dan butirat dengan adanya aktivitas fermentative oleh mikroba.

Rumen merupakan tabung besar dengan berbagai kantong yang menyimpan dan mencampur ingesta bagi fermentasi mikroba. Kerja ekstansif bakteri dan mikroba terhadap zat-zat makanan menghasilkan pelepasan produk akhir yang dapat diasimilasi. Papila berkembang dengan baik sehingga luas permukaan rumen bertambah 7 kalinya. Dari keseluruhan asam lemak terbang yang diproduksi, 85% diabsorbsi melalui epitelium yang berada pada dinding retikulo-rumen (Blakely and Bade, 1998).

Kondisi dalam rumen adalah anaerobik dan mikroorganisme yang paling sesuai dan dapat hidup dapat ditemukan didalamnya. Tekanan osmos pada rumen mirip dengan tekanan aliran darah. Temperatur dalam rumen adalah 38-42⁰C, pH dipertahankan dengan adanya absorpsi asam

lemak dan amonia. Saliva yang masuk kedalam rumen berfungsi sebagai buffer dan membantu mempertahankan pH tetap pada 6,8. Hal ini disebabkan oleh tingginya kadar ion HCO_3 dan PO_4 (Arora, 1995).

Pencernaan secara fermentatif dilakukan oleh mikroorganisme rumen sedangkan secara hidrolisis dilakukan oleh jasad renik dengan cara penguraian dalam rumen (Tillman et al, 1991).

Sistem pencernaan pada ruminansia melibatkan interaksi dinamis antara bahan pakan, populasi mikroba dan ternak itu sendiri. Pakan yang masuk ke mulut akan mengalami proses pengunyahan atau pemotongan secara mekanis sehingga membentuk bolus. Hasil pencernaan tersebut akan diserap oleh usus halus dan selanjutnya masuk ke dalam darah (Sutardi, 1980).

Proses fermentasi pakan di dalam rumen menghasilkan VFA dan NH_3 , serta gas-gas (CO_2 , H_2 , dan CH_4) yang dikeluarkan dari rumen melalui proses eruktasi (Arora, 1995).

Kandungan dalam rumen mempunyai protein pakan yang akan mengalami proses degradasi menjadi peptida-peptida dan akhirnya menjadi asam-asam amino. NH_3 berasal dari protein pakan yang didegradasi oleh enzim proteolitik. Di dalam rumen, protein dihidrolisis pertama kali oleh mikroba rumen (Arora, 1995).

Mc. Donald et al. (2002) menjelaskan bahwa konsentrasi NH_3 yang tinggi dapat menunjukkan proses degradasi protein pakan lebih cepat dari pada proses pembentukan protein mikroba, sehingga amonia yang dihasilkan terakumulasi di dalam rumen.

Beberapa asam amino langsung digunakan oleh bakteri untuk sintesis protein tubuhnya sendiri, tetapi sebagian besar mikroba rumen tidak dapat memanfaatkan asam amino secara langsung karena diduga mikroba tersebut tidak memiliki sistem transpor untuk mengangkut asam amino ke dalam tubuhnya. Mikroba tersebut lebih suka merombak asam amino menjadi amonia. Lebih kurang 50-70% nitrogen mikroba berasal dari amonia (Sutardi, 1980).

2.5 Kompos

Alvarez et al (1995), kompos berpengaruh secara langsung dengan melepas hara yang dikandungnya dan secara tidak langsung dengan mempengaruhi kapasitas tukar kation yang mempengaruhi serapan hara. Kompos di dalam tanah dapat berpengaruh positif yaitu merangsang pertumbuhan atau negatif yaitu menghambat pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian yang menggunakan kompos yang berasal dari limbah peternakan ayam, sapi dan domba diketahui dapat menaikkan pertumbuhan tanaman sedangkan kompos dari peternakan babi menghambat pertumbuhan tanaman.

Kompos merupakan pupuk organik buatan manusia yang dibuat dari proses pembusukan sisa-sisa buangan makhluk hidup (tanaman maupun hewan). Kompos tidak hanya menambah unsur hara, tetapi juga menjaga fungsi tanah sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik (Yuwono, 2005).

Pupuk kompos berpengaruh nyata terhadap memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah. Asam organik humus dengan cara efektif bereaksi dengan besi dan aluminium dapat mengurangi fosfor organik. Jadi hasil dekomposisi bahan organik yang berpengaruh penting terhadap ketersediaan fosfat dalam tanah (Murbando, 2008).

Penggunaan kompos sebagai sumber nutrisi tanaman merupakan salah satu program bebas bahan kimia, walaupun kompos tergolong miskin unsur hara jika dibandingkan dengan pupuk kimia. Namun, karena bahan-bahan penyusun kompos cukup melimpah maka potensi kompos sebagai penyedia unsur hara kemungkinan dapat menggantikan posisi pupuk kimia, meskipun dosis pemberian kompos menjadi lebih besar dari pada pupuk kimia, sebagai penyeimbangan terhadap dosis pupuk kimia (Setyamidjaja D, 1986).

Bahan-bahan kompos yang masih segar masih tinggi C/N rasionya. Untuk itu, proses penguraian perlu dilakukan untuk menurunkan C/N rasio. Aplikasi kompos dengan C/N rasio yang masih tinggi ke tanah akan mengganggu pertumbuhan tanaman. Saat proses penguraian oleh mikroorganisme berlangsung, akan dihasilkan zat karbondioksida dan panas yang tinggi. Kompos siap pakai biasanya memiliki C/N rasio mendekati C/N rasio tanah, yaitu 12-15 dengan suhu hampir sama dengan suhu lingkungan (Musnawar, 2009). C/N Rasio beberapa bagian tanaman dan bahan organik dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. C/N Rasio beberapa bagian tanaman dan bahan organik.

Bahan kompos	C/N Rasio
Kayu atau pangkasan pohon	>200 : 1
Serbuk gergaji (umumnya)	400 : 1
Jerami gandum	>40 : 1
Jerami padi	>50 : 1
Jerami jagung	100 : 1
Daun segar (tergantung jenisnya)	>10 : 1
Daun kering (tergantung jenisnya)	50 : 1
Kulit kopi	>15 : 1
Bahan pangkasan, cabang (tergantung jenisnya)	>15 : 1
Pangkasan teh	>15 : 1
Daun dadap muda	11 : 1
Daun tephosia muda	11 : 1
Bungkil biji kapuk	>10 : 1
Bungkil kacang tanah	7 : 1

Sumber : Musnawar, 2009

2.5 Kotoran Cacing (Casting)

Cacing tanah sering juga mempunyai manfaat yang sangat besar di dalam tanah, sebab melalui bangunan lubang-lubang (saluran) yang dihasilkan berperan sebagai saluran udara, air atau tempat untuk menembus akar tanaman, memiliki struktur granular, porositas dan struktur yang stabil. Beberapa peneliti menyatakan bahwa kotoran cacing dapat lebih stabil dibandingkan dengan agregat alami dari tanah (Didden, 1990).

Peranan cacing tanah sangat penting dalam proses dekomposisi bahan organik tanah. Bersama-sama mikroba tanah lainnya terutama bakteri, cacing tanah ikut berperan dalam siklus biogeokimia. Cacing tanah memakan serasah daun dan materi tumbuhan yang mati lainnya, dengan demikian materi tersebut terurai dan hancur (Schwert, 1990).

Parmelee et al (1990), cacing tanah juga berperan dalam menurunkan rasio C/N bahan organik, dan mengubah nitrogen tidak

tersedia menjadi nitrogen tersedia setelah dikeluarkan berupa kotoran (casting).

Aktivitas cacing tanah yang hidup didalam tanah dapat berupa aktivitas makan, pembuatan casting dan aktivitas membuat liang (burrowing). Cacing tanah memakan sisa-sisa tanaman/ seresah setelah terlebih dulu dilunakkan oleh mikroorganisme dan membentuk midden atau gumuk cast. Pengaruh cacing tanah pada siklus hara, aktivitas mikroba dan dekomposisi bahan organik agak sedikit kompleks. Casting tanah memiliki kandungan C, hara tersedia yang tinggi dan populasi mikroorganisme dibanding mineral tanah disekitarnya. Cast yang disimpan dalam keadaan segar mengandung mikroorganisme aktif dan evolusi CO₂ yang tinggi dibanding tanah sekitar dan karbon dalam keadaan stabil karena diikat oleh mineral liat (Yulipriyanto, 2010).

Dari hasil analisis laboratorium, pupuk kascing mengandung C-Organik 3,310 %, N-total 1,480 %, P-tersedia 386,260 ppm, dan K-tersedia 2111,07 ppm yang tergolong sangat tinggi. Aplikasi dengan kascing umumnya tidak mengganggu ketersediaan nitrogen, dan dapat meyerap N bila penguraian bahan organiknya belum selesai, kascing penuh nutrisi yang tersedia dapat diserap jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kompos (Krishnawati, 2003).

2.7 Unsur C (Karbon)

Suatu proses fotosintesis tanaman dapat mengumpulkan karbon pada atmosfir yang kadarnya sangat rendah, ditambah air yang sehingga menjadi bahan organik oleh klorofil dengan bantuan sinar matahari. Unsur

yang diserap untuk pertumbuhan dan metabolisme tanaman dinamakan hara tanaman. Mekanisme perubahan unsur hara menjadi senyawa organik atau energi disebut metabolisme. Dalam (Permentan No.2/Pert/Hk. 060/2/2006) tentang pupuk organik, adanya kelebihan CO_2 di udara dipergunakan oleh tanaman selama fotosintesis dan memasuki ekosistem melalui serasah tanaman yang jatuh dan akumulasi C dalam biomasa (tajuk) tanaman. Separuh dari jumlah C yang diserap dari udara bebas tersebut diangkut ke bagian akar berupa karbohidrat dan masuk ke dalam tanah melalui akar-akar yang mati.

Syarat mutu yang ditetapkan dalam Permentan No 28/Permentan/SR.130/5/2009 tentang persyaratan teknis minimal pupuk organik, bahwa dalam C-organik zat arang atau karbon yang terdapat bahan organik merupakan sumber energi bagi mikroorganisme. Dalam proses pencernaan oleh mikroorganisme terjadi reaksi pembakaran antara unsur karbon dan oksigen menjadi kalori dan karbon dioksida (CO_2). Karbon dioksida ini dilepas menjadi gas, kemudian unsur nitrogen yang terurai ditangkap mikroorganisme untuk membangun tubuhnya. Pada waktu mikroorganisme ini mati, unsur nitrogen akan tinggal bersama kompos dan menjadi sumber nutrisi bagi tanaman.

Hairiah et al (2000) menyatakan bahwa ada beberapa pemasokan dan hilangnya C dari dalam tanah sebagai berikut :

1. Pemasok C ke dalam tanah adalah
 - (a) Tajuk tanaman pohon dan tanaman semusim yang masuk sebagai serasah dan sisa panen

(b) Akar tanaman, melalui akar-akar yang mati, ujung-ujung akar, eksudasi akar dan respirasi akar

(c) Biota. Serasah dan akar-akar mati yang masuk ke dalam tanah akan segera dirombak oleh biota heterotrop, dan selanjutnya memasuki pool bahan organik tanah.

2. Kehilangan C dari dalam tanah dapat melalui

(a) Respirasi tanah

(b) Respirasi tanaman

(c) Terangkut panen

(d) Dipergunakan oleh biota

(e) Erosi.

Karbon organik tanah berperan menyerap sinar matahari dan menjaga tanah sehingga tanah menjadi hangat pada malam hari; kapasitas menahan air tinggi; menjaga stabilitas struktur tanah; dapat terjadi pengkhelatan yaitu membentuk kompleks-kompleks yang stabil dengan ion-ion Cu, Mn, Zn, Fe, Al sehingga dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara mikro dan sebagai penyangga yang cukup besar terhadap pH maupun unsur yang bersifat toksik sehingga pH tetap stabil dan unsur toksik bisa dikurangi (Zimmerman, 1997).

2.8 Unsur N (Nitrogen) Dengan Populasi Mikroorganisme

Nitrogen dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar, umumnya menjadi faktor pembatas pada tanah-tanah yang tidak dipupuk. Unsur N sangat mobile dalam tanaman, dialihtempatkan dari daun yang tua ke

daun yang muda. Kadar Nitrogen rata-rata dalam jaringan tanaman adalah 2% - 4% berat kering. Bagian tanaman yang berwarna hijau mengandung N protein terbanyak 70-80%. Nitrogen asam nukleat 10% dan asam amino terlarut hanya sebanyak 5% dari total N dalam tanaman. Dalam tanah, kadar Nitrogen sangat bervariasi tergantung pada pengelolaan dan penggunaan lahan tersebut. Untuk pertumbuhan yang optimum selama fase vegetatif, pemupukan N harus diimbangi dengan pemupukan unsur lain (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

Nitrogen diserap tanaman dalam bentuk ion nitrat (NO_3^-) dan ion amonium (NH_4^+). Sebagian besar nitrogen diserap dalam bentuk ion nitrat karena ion tersebut bermuatan negatif sehingga selalu berada di dalam larutan tanah dan mudah terserap oleh akar. Karena selalu berada dalam larutan tanah, ion nitrat lebih mudah tercuci oleh aliran air. Arah pencucian menuju lapisan dibawah daerah perakaran sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Sebaliknya, ion amonium bermuatan positif sehingga terikat oleh koloid tanah. Ion tersebut dapat dimanfaatkan oleh tanaman setelah melalui proses pertukaran kation. Karena bermuatan positif, ion amonium tidak mudah hilang oleh proses pencucian (Marschner, 1995).

Nitrogen yang tidak sempurna diserap oleh akar sehingga keberadaannya dalam tanaman terlalu rendah akan menurunkan aktifitas sitokinin. Turunnya aktifitas sitokinin tersebut menyebabkan terganggunya metabolisme protein di daun karena sitokinin akan bertindak sebagai regulator dalam pembentukan senyawa protein

tanaman. Sedangkan gugus Nitrogen organik pada glutamat dan glutamin dapat digunakan untuk sintesis amida lain, sebagaimana ureida, asam amino dan senyawa dengan berat molekul (BM) tinggi seperti protein (Marschner, 1995).

Nitrogen juga penting sebagai penyusun enzim yang sangat besar peranannya dalam proses metabolisme tanaman, karena enzim tersusun dari protein. Sebagai pelengkap bagi peranannya dalam sintesa protein, Nitrogen merupakan bagian tak terpisahkan dari molekul klorofil dan karenanya suatu pemberian N dalam jumlah cukup akan mengakibatkan pertumbuhan vegetatif yang vigor dan warna hijau segar (Sunu dan Wartoyo, 2006).

Aktivitas enzim dalam tanah bergantung pada komposisi komunitas mikroba dan sifat dari matriks tanah. Komposisi dari komunitas mikroba berperan sangat penting karena komposisi tersebut sangat berpengaruh terhadap jenis dan tingkat produksi enzim. Enzim pemecah substrat umum seperti protein dan selulosa dihasilkan oleh begitu banyak jenis mikroba (dimana jenis enzim-enzim ini memang secara universal sering dijumpai di dalam tanah). Enzim-enzim yang terlibat di dalam proses-proses yang hanya terjadi dalam lingkungan tertentu, seperti proses denitrifikasi (atau produksi metana) dan oksidasi, tampak lebih sensitif terhadap komposisi komunitas mikroba (Becking, 1992).

Populasi jasad renik dalam tanah merupakan suatu komunitas yang membentuk hubungan asosiatif dengan tanaman. Salah satu

contoh hubungan asosiatif ini adalah pemanfaatan eksudat akar tumbuhan tingkat tinggi oleh bakteri penambat atau penambat nitrogen (N) yang heterotropik secara nonsimbiotik sebagai sumber energi (Barea et al, 2005).

Ketersediaan N tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti iklim dan macam vegetasi pada semua yang dipengaruhi oleh keadaan setempat seperti keadaan topografi, batuan induk, kegiatan manusia dan pada waktu tertentu (Hakim et al, 1988).

Becking (1992) mengungkapkan bahwa *Azotobacter* mampu menambat setidaknya 10 mg N per gram karbohidrat yang digunakan. Bakteri bersifat aerobik obligat, meskipun dapat tumbuh di bawah kandungan O₂ rendah. Sebaran ekologis *Azotobacter* spp. Keragaman populasi bakteri dan koloni bakteri tidak akan berkembang baik di dalam tanah kecuali jika terjadi asosiasi dengan akar tanaman yang cocok.

Dalam tanah bakteri lebih banyak dijumpai pada daerah rhizosfir dari pada daerah non-rhizosfir. Kondisi rhizosfir yang optimal bagi pertumbuhan bakteri akan menyebabkan N yang ditambatnya semakin maksimal. Lingkungan rhizosfir yang sangat mempengaruhi kehidupan bakteri adalah ketersediaan senyawa karbon (C) yang dibutuhkan. Aktivitas mikroorganisme dalam rhizosfir dipengaruhi oleh eksudat yang ada pada rhizosfir (Bais et al, 2006).

2.9 Taksonomi Entisol

Dalam taksonomi terdahulu tanah regosol merupakan jenis ordo entisol, tanah entisol adalah tanah-tanah dengan sedikit atau tanpa adanya tanda-tanda perkembangan pada horizon pedonik. Tanah entisol hanya mempunyai horizon A dan horizon C, dapat dikatakan tanah yang masih baru dan belum mempunyai perkembangan profil (Soepardi G, 1979).

Soepraptohardjo (1980) mengemukakan bahwa pada faktor pembentuk tanah entisol adalah iklim yang beragam, bahan induk abu vulkanik, mergel, topografi yang bergelombang, berombak, bergunung dan landai, vegetasi beraneka dan proses pembentukan tanahnya tanpa atau adanya alterasi lemah. Tanah entisol mempunyai solum tipis sampai tebal, warna kelabu hingga kekuningan, tekstur berpasir (kadar liat kurang dari 40%), tanpa sturktur, konsistensi gembur, kemasaman beragam, kadar bahan organik rendah, kandungan unsur hara beragam dan permeabilitasnya tinggi. Tanah entisol mempunyai kapasitas menahan air rendah dan secara keseluruhan faktor penghambat yang paling besar kurang adanya air.

Tanah entisol mempunyai tingkat kesuburan yang berbeda-beda, dari yang subur sampai yang miskin. Tingkat kesuburan yang baik banyak dijumpai pada entisol yang berasal dari abu vulkan yang sudah sedikit berkembang, warna kelabu kecoklatan, profil dalam dan tanpa padas. Penyebaran tanah ini cukup luas seperti di Sumatra Timur, Sumatra Barat, Jawa, Bengkulu, Nusa Tenggara dan daerah di sepanjang garis pantai.

Tanah ini mempunyai penggunaan relatif luas untuk tanaman sayur-sayuran, padi sawah, palawija, tebu, tembakau, dan lain sebagainya (Soepraptohardjo, 1980).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama bulan April 2015 sampai dengan bulan Juni 2015 yang bertempat di :

- a. Inkubasi tanah dan bahan organik dilakukan di rumah cacing fakultas pertanian UPN “Veteran” Jawa Timur
- b. Analisa C-organik dilakukan di laboratorium Sumber Daya Lahan UPN “Veteran” Jawa Timur
- c. Analisa populasi mikroorganisme dilakukan di laboratorium Kesehatan Tanaman UPN “Veteran” Jawa Timur

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan berbagai jenis peralatan dan bahan sebagai berikut :

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah entisol yang berasal dari kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Bahan organik seperti kotoran manusia, kascing (kotoran cacing), rumen sapi dan kompos. Adapun bahan kimia yang akan digunakan untuk analisa adalah kalium dikromat, asam sulfat, serbuk fenol, NaOH dan lain sebagainya.

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat cetok untuk mengambil sampel tanah, polybag, kertas label, timbangan

analitik, penumbuk tanah, ayakan 2 mm, alat tulis, kamera digital, dan lain sebagainya. Serta alat-alat yang digunakan untuk analisa di laboratorium sesuai dengan jenis dan metode analisa yang digunakan.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Pengambilan Tanah

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari lahan bekas tanaman tebu yang berasal dari kebun salah satu petani yang letak pengambilan tanahnya berada di sisi sebelah barat pabrik gula Krembung dari kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Contoh tanah yang diambil pada kedalaman 0 – 20 cm, dengan pengambilan tanah sebesar 75 kg untuk media inkubasi.

Berdasarkan taksonomi terdahulu regosol merupakan jenis ordo entisol, entisol adalah tanah-tanah dengan sedikit atau tanpa adanya tanda-tanda perkembangan pada horizon pedonik. Entisol hanya mempunyai horizon A dan horizon C, dapat dikatakan tanah yang masih baru dan belum mempunyai perkembangan profil (Soepardi G, 1979). Penelitian ini menggunakan tanah yang bertekstur pasir karena banyak yang beranggapan bahwa tekstur tanah berpasir memiliki kandungan bahan organik yang sedikit, sehingga perlu adanya analisa kandungan hara seperti NH_4^+ dan C-organik dalam tanah tersebut. Pada umumnya petani di daerah Krembung banyak membudidayakan tanaman tebu, melalui

penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi tanaman lain yang dapat dibudidayakan di daerah Krebung. Persiapan contoh tanah yang akan digunakan untuk inkubasi adalah sebagai berikut :

1. Dilakukan sortasi yaitu memilah atau memisahkan dari bahan-bahan lain yang terdapat di dalam tanah serta akar-akar yang kasar untuk dibuang.
2. Kemudian tanah tersebut ditumbuk menggunakan lumbung yang terdapat pada fakultas pertanian dan diayak lolos saring 2mm.
3. Tanah yang sudah diayak, kemudian ditimbang sebanyak 3 kg dan dimasukkan kedalam polybag dengan diberi label pada masing-masing polybag.

3.3.2 Bahan Organik

- A. Kotoran manusia diperoleh dari pengelolaan Dinas Kebersihan dan Pertamanan kota Surabaya. Pengolahan bahan organik kotoran manusia melalui beberapa tahapan antara lain : tahapan pertama yaitu kotoran manusia yang masih berwarna kekuningan, berbau tidak sedap dan memiliki jumlah organisme yang merugikan. Proses ini dilakukan dengan menambahkan organism menguntungkan. Tahapan kedua kotoran manusia diendapkan selama ± 2 bulan agar warna dan baunya berubah hingga menyerupai

tanah pada umumnya. Tahapan ketiga yaitu perombakan organisme yang dapat memperbaiki kandungan unsur hara didalam bahan organik kotoran manusia seperti unsur hara mikro dan makro. Tahapan keempat yaitu proses pengemasan ke dalam karung, warna sudah berubah menjadi kehitaman mempunyai tekstur yang remah menyerupai bentuk tanah, tidak berbau dan yang tinggal didalamnya berupa organisme menguntungkan seperti cacing tanah.

- B. Kascing tersebut berasal dari cacing tanah yang mengambil makanan dari serbuk gergaji dan rumen yang telah mengalami perombakan. Bentuk kascing tersebut menyerupai tanah yang berwarna coklat kehitaman, bertekstur tanah berpasir, berbentuk silindris.
- C. Rumen merupakan limbah dari perut sapi potong yang bahannya belum diproses dengan sempurna. Rumen ini diperoleh dari Rumah Potong Hewan (RPH) di Krian, bentuk rumen masih terdapat banyak rumput kasar dan berwarna orange kecoklatan.
- D. Kompos diperoleh dari pengelolaan Dinas Kebersihan dan Pertamanan kota Surabaya. Bahan untuk pembuatan kompos diambil dari beberapa seresah disekitar pohon, taman kota dari penebangan pohon dan ranting yang berusia tua disekitar kota. Proses pengomposan memisahkan antara

seresah dengan ranting agar mudah untuk melakukan proses pencacahan. Kemudian bahan-bahan tersebut dikeringkan terlebih dahulu agar mudah saat melakukan proses penggilingan, setelah menjadi kecil-kecil ditambahkan mikroorganisme lokal sesuai dengan takaran. Sampel kompos dalam penelitian diperoleh dari rumah kompos di daerah Keputih kota Surabaya.

Adapun kotoran manusia, kascing, rumen dan kompos dengan menghamparkan untuk mendapatkan kondisi kering udara agar mikroorganisme yang terdapat pada bahan organik belum terdekomposisi dan kondisi bahan organik tersebut belum bisa digunakan untuk mengurangi suhu dan kelembaban. Persiapan sebelum inkubasi menggunakan cara dibawah ini :

1. Dilakukan sortasi yaitu memilah atau memisahkan dari bahan kasar seperti : kerikil, plastik, dan lain-lain. Selain itu, organisme seperti : semut, rangrang, kaki seribu dan lain-lain.
2. Kemudian dari bahan organik yang kering dapat ditumbuk menggunakan lumbung dan diayak lolos saring 2 mm.
3. Bahan organik yang sudah diayak, kemudian dimasukkan kedalam polybag dengan dosis yang sesuai dengan perlakuan dan dicampur dengan tanah hingga

homogen, kemudian diberi label pada masing-masing polybag.

3.3.3 Inkubasi

Inkubasi merupakan suatu proses yang dilakukan dengan cara membuka polybag tersebut, menempatkan polybag pada ruangan tertutup seperti rumah cacing agar mikroorganisme tidak dapat masuk kedalam polybag.

Bahan organik yang digunakan untuk penelitian adalah kotoran manusia, kotoran cacing (kascing), rumen sapi dan kompos. Sebelum dilakukan inkubasi dikeringanginkan selama ± 3 minggu, setelah itu akan diayak menggunakan lolos saring 2 mm. Perhitungan bahan organik sebelum diinkubasi menggunakan standar dosis pupuk organik terhadap bahan organik yang akan digunakan untuk penelitian. Sehingga dalam pemberian bahan organik akan mempunyai berat satuan yang sama, tetapi mempunyai nilai ketersediaan Nitrogen yang berbeda pada masing-masing bahan organik yang akan diinkubasikan.

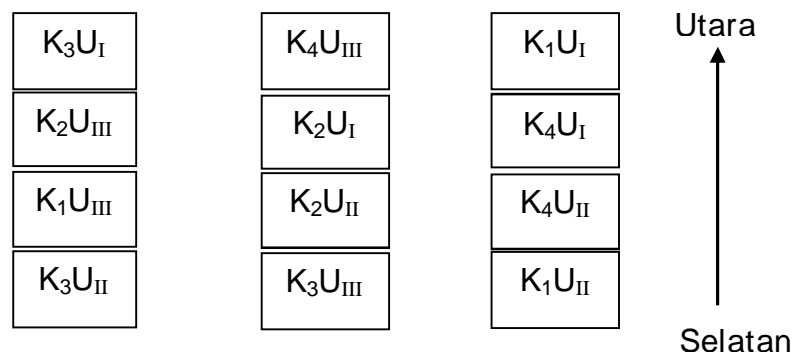
Proses inkubasi dilakukan dengan cara menempatkan polybag pada ruangan tertutup, polybag yang digunakan juga ditutup agar mikroorganisme tidak dapat masuk kedalam polybag yang di inkubasi. Proses pelaksanaan penelitian dilakukan dengan memasukkan entisol seberat 3,196 kg dan menambahkan bahan organik yang sama seberat 233,69 gr/polybag (setara dosis pupuk organik 30 ton/ha) dapat dilihat pada Lampiran 1. Pengamatan

hasil proses inkubasi pada masing-masing polybag dilakukan dengan cara mengambil sampel seberat 20 gr untuk menganalisa kandungan hara (NH_4^+ dan C-organik dalam tanah) dan populasi mikroorganisme.

3.4 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan 4 yang masing-masing diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat perlakuan sebanyak 12 polybag. Penelitian menggunakan proses inkubasi tanpa menggunakan tanaman, rancangan penelitian dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut :

Tabel. 4 Rancangan Penelitian



Keterangan:

U_I, U_{II}, U_{III} : Ulangan

K₁,...,K₄ : Perlakuan bahan organik

Proses pelaksanaan inkubasi dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap sebagai berikut :

1. Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan dengan cara menempatkan polybag pada ruang tertutup tidak diperbolehkan terkena sinar matahari secara langsung, agar ketersediaan (NH_4^+ dan C-

organik) dan populasi mikroorganisme tidak cepat terlepas. Setiap 2 hari sekali masing-masing polybag disiram menggunakan air sampai kondisi kapasitas lapang.

2. Pengamatan

Pengamatan dilakukan dengan cara mengambil sampel sebanyak 20 gr pada masing-masing polybag guna untuk menganalisa ketersediaan (NH_4^+ dan C-organik) dan populasi mikroorganisme yang hidup di dalam tanah. Pengambilan sampel tanah dilakukan setiap seminggu sekali selama 1 bulan.

3.5 Teknik Analisis Parameter

Metode yang digunakan untuk menganalisa seperti dibawah ini, akan tetapi untuk prinsip kerja, bahan pereaksi dan alat untuk menganalisa penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 2-4.

Analisa	Metode
NH_4^+	Metode Pembangkit warna indofenol biru
C-organik	Metode Walkey Black
Populasi Mikroorganisme	Metode Seri Pengenceran

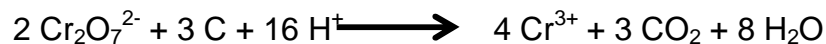
A. Metode Walkey Black Untuk Menganalisa C-organik

Material organik tanah merupakan sisa tumbuhan, hewan, dan organisme tanah, baik yang telah maupun yang sedang mengalami dekomposisi. Material organik tanah yang tidak terdekomposisi menjadi humus yang berwarna coklat sampai hitam dan bersifat koloidal. Pengukuran kandungan bahan organik tanah berdasarkan jumlah

organik yang mudah teroksidasi dan mereduksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang diberikan secara berlebihan. Terjadi reaksi ini karena adanya panas yang dihasilkan oleh reaksi H_2SO_4 pekat dan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Keadaan ini menyebabkan Cr_6^+ direduksi oleh C-organik menjadi warna hijau dari Cr_3^+ (Zimmerman, 1997).

Teknik penetapan C-organik yang paling standar adalah oksidasi bahan organik oleh dikromat yang mana metode ini lebih sering disebut metode Walkey dan Black. Dalam prosedurnya Kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) dan asam sulfat (H_2SO_4) ditambahkan kedalam bahan organik, dimana larutan tersebut harus didinginkan terlebih dahulu sebelum ditambahkan dengan air. Penambahan asam pospat (H_3PO_4) kedalam larutan tersebut berguna untuk mengurangi interferensi dari Fe^{3+} yang mungkin sering terjadi.

Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut :



B. Metode Pembangkit Warna Indofenol Biru Untuk Menganalisa N-Amunium

Ammonium juga terbentuk dari perombakan jasad mati makhluk hidup. Hasil ekskresi dan jasad mati makhluk hidup terdekomposisi oleh detritivor menghasilkan amonia (NH_3). Amonia diubah menjadi amonium (NH_4^+). Dari semua unsur hara, unsur N dibutuhkan dalam jumlah paling banyak tetapi ketersediaannya selalu rendah karena mobilitasnya dalam tanah sangat tinggi. Nitrogen secara umum dapat dibagi menjadi dua yaitu

nitrogen organik dan anorganik. Bentuk N anorganik adalah amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-), bentuk N_2 dan NO merupakan bentuk yang hilang sebagai gas akibat proses denitrifikasi.

Proses mineralisasi merupakan proses yang bertanggungjawab atas ketersediaan N dalam tanah. Mineralisasi mencakup pelapukan bahan organik tanah yang melibatkan kerja enzim untuk menghidrolisa protein kompleks. Laju mineralisasi N organik menjadi N anorganik merupakan faktor penting dalam menentukan ketersediaan N dalam tanah. Proses mineralisasi N terdiri atas aminisasi (protein menjadi R-NH_2), amonifikasi (R-NH_2 menjadi NH_4^+) dan nitrifikasi (NH_4^+ menjadi NO_3^-) (Becking, 1992).

C. Metode Seri Pengenceran Untuk Menganalisa Populasi Mikroorganisme

Bakteri merupakan salah satu kelompok mikroorganisme yang memperbanyak diri secara biner atau binary fission, mempunyai bentuk dasar basil, kokus, spiral dengan bentuk variasinya seperti diplobasil, streptobasil, diplokokus, strestokokus dan lainnya. Morfologi bakteri juga menjadi salah satu karakteristik atau ciri yang dapat dilakukan untuk identifikasi bakteri.

Perlakuan mikroorganisme di laboratorium memerlukan suatu persiapan yaitu sterilisasi alat dan media tumbuh. Sterilisasi yaitu proses atau kegiatan membebaskan alat atau benda dari semua mikroorganisme. Sterilisasi dibedakan menjadi 3 cara yaitu : secara mekanik, fisik, dan kimiawi. Sterilisasi secara mekanik (filtrasi) menggunakan suatu saringan

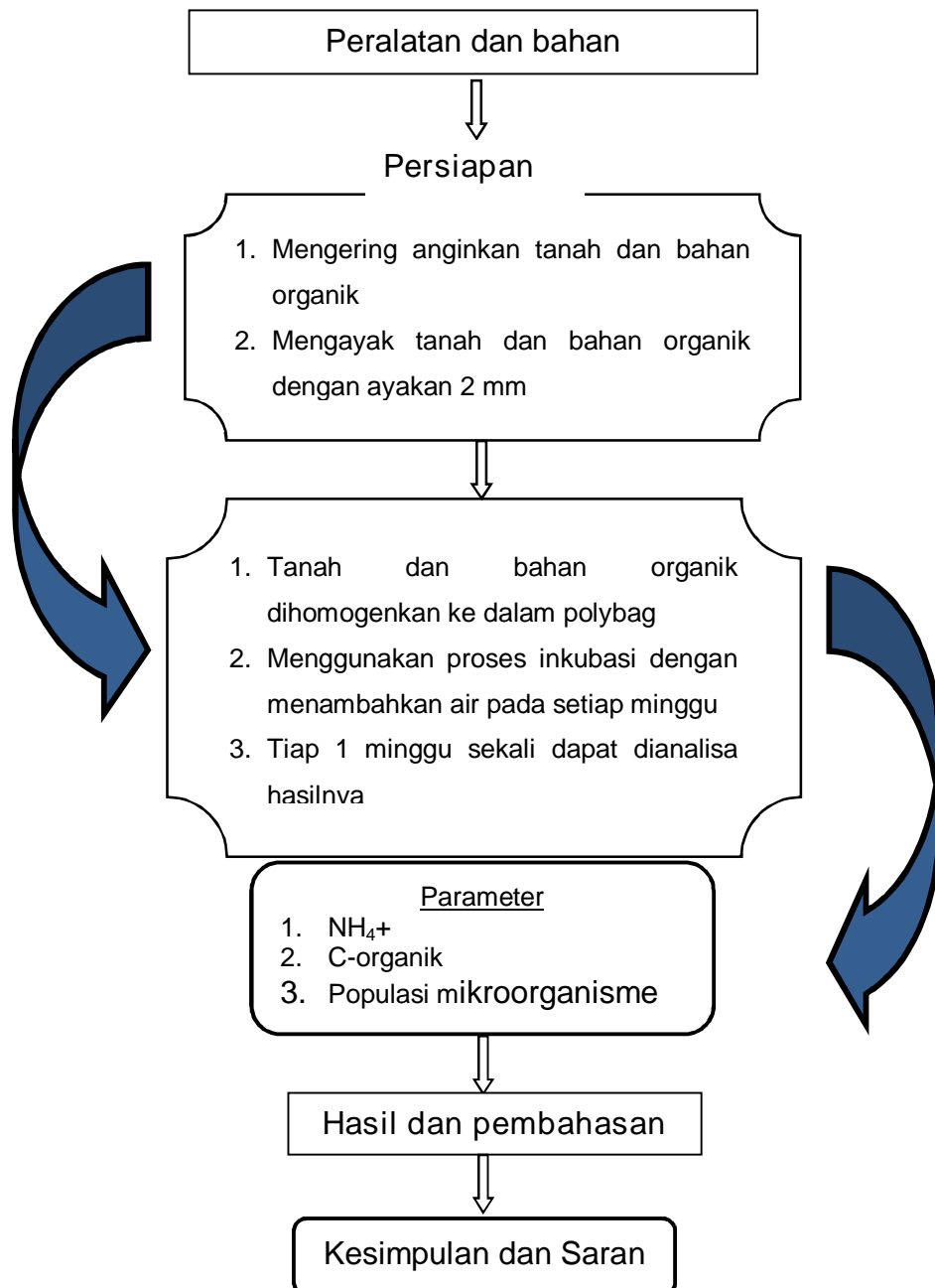
yang berpori sangat kecil ($0.22\ \mu$ atau $0.45\ \mu$) sehingga mikroorganisme tertahan pada saringan tersebut. Proses ini ditujukan untuk sterilisasi bahan yang peka panas, misalnya larutan enzim dan antibiotik. Sterilisasi secara fisik dapat dilakukan dengan pemanasan dan penyinaran.

Media pertumbuhan mikroorganisme adalah suatu bahan yang mengandung komponen atau nutrisi yang diperlukan mikroorganisme untuk pertumbuhannya. Mikroorganisme memanfaatkan nutrisi media berupa molekul-molekul kecil yang dirakit untuk menyusun komponen sel. Dengan media pertumbuhan dapat dilakukan isolasi mikroorganisme menjadi kultur murni. Media harus mengandung unsur-unsur yang diperlukan untuk metabolisme sel yaitu berupa unsur makro seperti C, H, O, N, P : unsur mikro seperti Fe, Mg, juga mengandung sumber karbon, protein dan vitamin.

Media tumbuh mikroorganisme juga dibedakan berdasarkan sifat fisik yaitu : media padat, setengah padat dan cair. Media padat yaitu media yang mengandung agar 15% sehingga setengah dingin media menjadi padat, media setengah padat yaitu media yang mengandung agar 0,3 - 0,4% sehingga menjadi sedikit kenyal, media cair yaitu media yang tidak mengandung agar, contohnya adalah NB (Nutrient Broth), LB (Lactose Broth). Media tumbuh mikroorganisme juga dibedakan menjadi media sintetis yaitu media yang komposisinya diketahui jenis dan takarannya secara pasti, misalnya Glucose Agar, MacConkey Agar. Media sintetis yaitu media yang sebagian komposisinya diketahui secara pasti, misalnya PDA dan NA.

3.6 Skema Alur Penelitian

Skema alur kegiatan penelitian yang dilaksanakan di kebun percobaan fakultas pertanian, Laboratorium Sumber Daya Lahan dan Laboratorium Kesehatan Tanaman UPN “Veteran” Jawa Timur. Pelaksanaan penelitian pada bulan April 2015 sampai dengan bulan Juni 2015, sebagai berikut :



Gambar 1. Skema Alur Kegiatan Penelitian

3.7 Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam yang sesuai dengan rancangan yaitu rancangan acak lengkap. Rancangan ini disebut rancangan acak lengkap, karena pengacakan perlakuan dilakukan pada seluruh unit percobaan. Rancangan ini dapat digunakan untuk melakukan percobaan di laboratorium atau di rumah kaca atau lapangan. Rancangan acak lengkap berguna untuk melaksanakan percobaan bila unit percobaan homogen.

Pengaruh perlakuan diuji dengan uji F tabel pada taraf 5%. Apabila F hitung lebih kecil daripada F tabel 5% maka perlakuan dinyatakan tidak berbeda nyata, tetapi apabila F hitung lebih besar daripada F tabel 5% maka perlakuan dinyatakan berbeda nyata. Pengujian lebih lanjut dengan uji BNT 5% untuk mendapatkan perlakuan yang paling berpengaruh.

Model linier yang tepat untuk rancangan acak lengkap adalah:

$$Y_{ij}(t) = \mu + P(t) + e(t)$$

Keterangan:

$i = 1, 2, \dots, n$; dan $t = 1, 2, \dots, n$

$Y_{ij}(t)$ = nilai pengamatan pada baris ke- i , kolom ke- j
yang

mendapat perlakuan ke- t .

μ = nilai rata-rata umum

$P(t)$ = pengaruh perlakuan ke- t

$e(t)$ = pengaruh galat yang memperoleh perlakuan ke- t

Koefisien determinasi untuk mengetahui kesesuaian atau ketetapan antara nilai dugaan atau garis regresi dengan data sampel. Koefisien determinasi adalah bagian dari keragaman total variabel tak bebas Y (variabel yang dipengaruhi atau dependent) yang dapat diterangkan atau diperhitungkan oleh keragaman variabel bebas X (variabel yang mempengaruhi atau independent). Semakin besar Koefisien determinasi menunjukkan semakin baik kemampuan X menerangkan Y. R^2 dari koefisien korelasi pengamatan dihitung menggunakan model polynomial, dengan persamaan populasi mikroorganisme mempengaruhi ketersediaan NH_4^+ dan kandungan C-organik dengan persamaan dibawah ini :

$$y = ax^2 - bx + c$$

dimana:

y = NH_4^+ dan C-organik

x = NH_4^+ dan populasi mikroorganisme

a; b; c = konstanta

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Pengaruh Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Ketersediaan NH_4^+

Hasil analisis sidik ragam pada (Tabel 5) menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan terhadap ketersediaan NH_4^+ pada setiap minggu inkubasi untuk masing-masing perlakuan kotoran manusia, kascing, rumen dan kompos menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

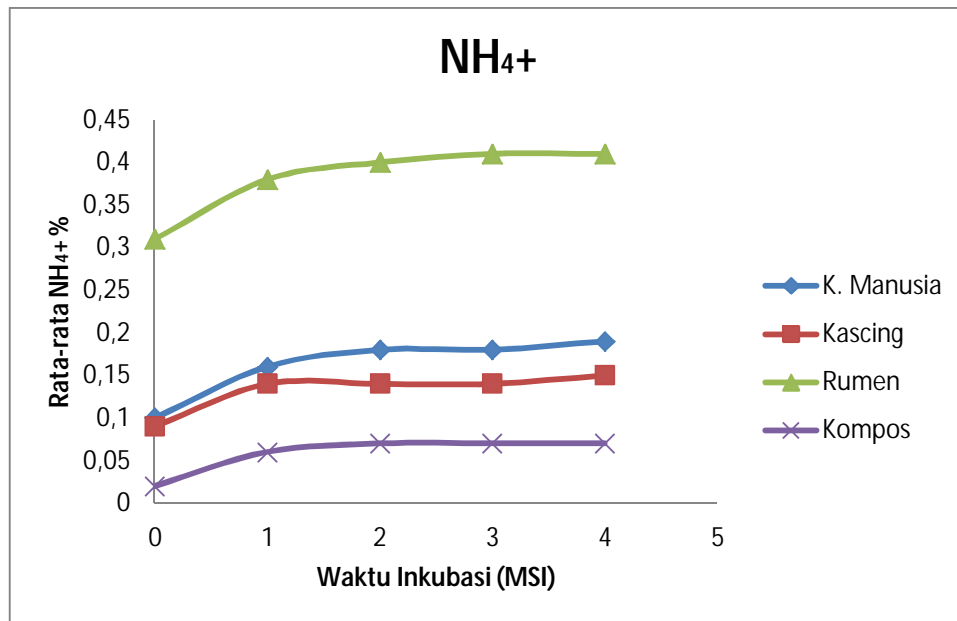
Tabel 5. Pengaruh Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Ketersediaan NH_4^+

NH_4^+ (%)					
Perlakuan	0 MSI	1 MSI	2 MSI	3 MSI	4 MSI
K. Manusia	0,10 c	0,16 c	0,18 c	0,18 c	0,19 c
Kascing	0,09 b	0,14 b	0,14 b	0,14 b	0,15 b
Rumen	0,31 d	0,38 d	0,40 d	0,41 d	0,41 d
Kompos	0,02 a	0,06 a	0,07 a	0,07 a	0,07 a
BNT 5%	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Keterangan : Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf sama pada perlakuan dan kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT 5% .
MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Sedangkan pada masing-masing perlakuan kotoran manusia, kascing, rumen, dan kompos dikatakan sangat nyata ($p < 0,01$). Akan tetapi pada perlakuan rumen mempunyai ketersediaan NH_4^+ yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan kotoran manusia, kascing dan kompos dikatakan perlakuan paling rendah. Perlakuan tersebut terjadi karena

proses dekomposisi terhadap ketersediaan NH_4^+ dapat dilihat (Gambar 2).



Gambar 2. Pengaruh perlakuan jenis bahan organik terhadap ketersediaan NH_4^+

Pengaruh perlakuan terhadap kecepatan mineralisasi NH_4^+ pada tiap minggunya semakin menurun selama inkubasi dapat dihitung menggunakan rumus delta, dapat dilihat pada (Tabel 6) dibawah ini :

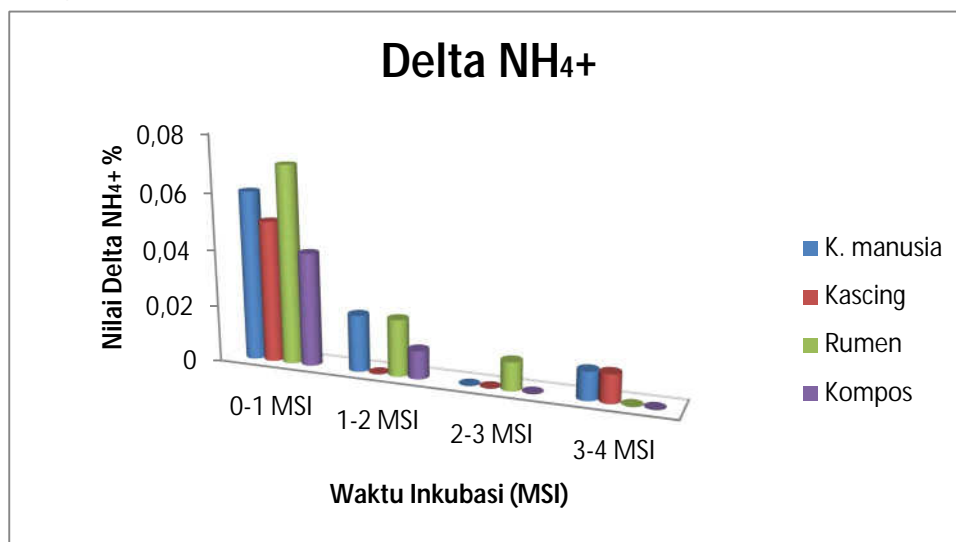
Tabel 6. Perhitungan delta pada perlakuan jenis bahan organik terhadap kecepatan mineralisasi NH_4^+

	Delta NH_4^+ (%)			
	1 MSI – 0 MSI = delta 0-1 MSI	2 MSI – 1 MSI = delta 1-2 MSI	3 MSI – 2 MSI = delta 2-3 MSI	4 MSI – 3 MSI = delta 3-4 MSI
Kotoran manusia	0,16 - 0,10 = 0,06	0,18 - 0,16 = 0,02	0,18 - 0,18 = 0	0,19 - 0,18 = 0,01
Kascing	0,14 - 0,09 = 0,05	0,14 - 0,14 = 0	0,14 - 0,14 = 0	0,15 - 0,14 = 0,01
Rumen	0,38 - 0,31 = 0,07	0,40 - 0,38 = 0,02	0,41 - 0,40 = 0,01	0,41 - 0,41 = 0
Kompos	0,06 - 0,02 = 0,04	0,07 - 0,06 = 0,01	0,07 - 0,07 = 0	0,07 - 0,07 = 0

Perhitungan delta pada (Tabel 6) menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan rumen pada inkubasi minggu pertama (0-1 MSI) yang mempunyai kecepatan mineralisasi NH_4^+ yakni berkisar 0,07% dan paling tinggi, kemudian diikuti kotoran manusia sebesar 0,06% dan kascing 0,05%. Akan tetapi, kompos yang mempunyai nilai 0,04% paling rendah.

Sedangkan pada inkubasi minggu kedua (1-2 MSI) kotoran manusia sebesar 0,02%, rumen 0,02% dan kompos 0,01% mengalami penurunan pada kecepatan mineralisasi NH_4^+ . Pengaruh perlakuan kascing menurun dalam kecepatan mineralisasi NH_4^+ yang mempunyai nilai sebesar 0%.

Hasil pada waktu inkubasi minggu ketiga (2-3 MSI) menunjukkan pengaruh perlakuan rumen mempunyai nilai kecepatan mineralisasi NH_4^+ sebesar 0,01%. Sedangkan pada kotoran manusia, kascing dan kompos semakin menurun pada proses kecepatan mineralisasi NH_4^+ yang mempunyai nilai sebesar 0%.



Gambar 3. Pengaruh perlakuan jenis bahan organik terhadap kecepatan mineralisasi NH_4^+

Bedasarkan (Gambar 3) menunjukkan bahwa pada kotoran manusia dan kascing mampu meningkatkan laju ketersediaan NH_4^+ pada waktu inkubasi minggu keempat (3-4 MSI), yang mempunyai nilai 0,01%. Sedangkan pada rumen mempunyai kecepatan mineralisasi NH_4^+ menurun sebesar 0%, tetapi kompos masih tetap stabil belum mengalami peningkatan laju ketersediaan NH_4^+ .

4.1.2 Pengaruh Perlakuan Jenis bahan organik Terhadap Kandungan Unsur Hara Carbon

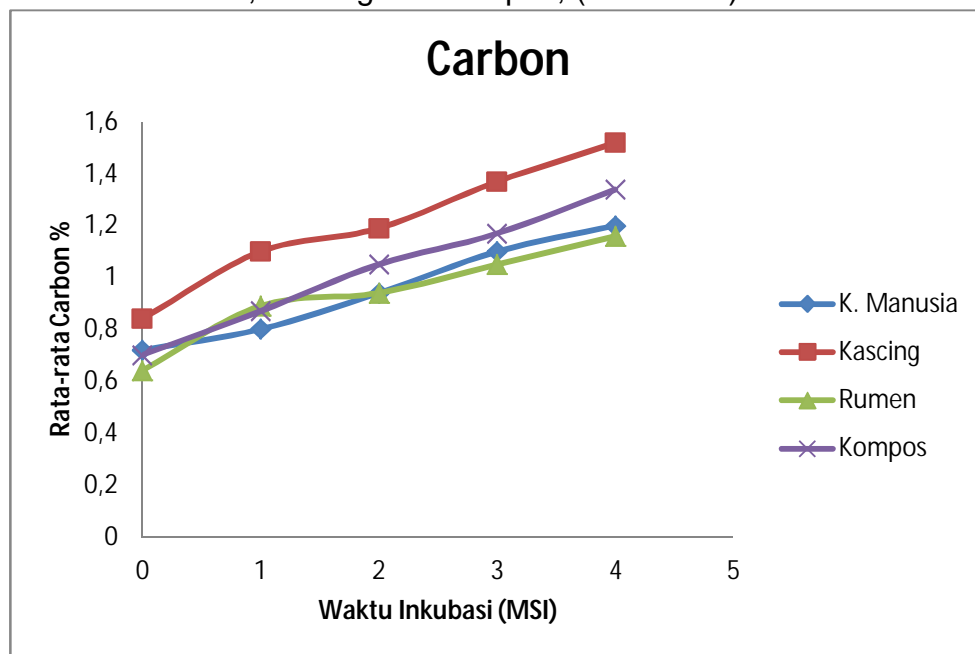
Hasil analisis sidik ragam pada (Tabel 7) menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan terhadap kandungan carbon pada setiap minggu inkubasi untuk perlakuan kotoran manusia, kascing, dan rumen menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%. Akan tetapi perlakuan kompos pada 0 MSI ke 2 MSI menunjukkan bahwa berbeda nyata karena adanya proses dekomposisi yang sangat nyata ($p < 0,01$), sehingga mengalami peningkatan kandungan carbon.

Tabel 7. Pengaruh Perlakuan Jenis Bahan Organik Terhadap Kandungan Unsur Carbon

	Carbon (%)				
Perlakuan	0 MSI	1 MSI	2 MSI	3 MSI	4 MSI
K. Manusia	0,72 a	0,80 a	0,94 a	1,10 a	1,20 a
Kascing	0,84 b	1,10 b	1,19 b	1,37 b	1,52 b
Rumen	0,64 a	0,89 a	0,94 a	1,05 a	1,16 a
Kompos	0,70 a	0,87 a	1,05 b	1,17 b	1,34 b
BNT 5%	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Keterangan : Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf sama pada perlakuan dan kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT 5% .
MSI : Minggu Setelah Inkubasi

Perlakuan kascing dan kompos sangat nyata dengan perlakuan kotoran manusia dan rumen. Akan tetapi kascing dapat dikatakan sebagai perlakuan paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan kotoran manusia, kascing, rumen dan kompos. Sedangkan rumen dikatakan sebagai perlakuan yang paling rendah dengan perlakuan kotoran manusia, kascing dan kompos, (Gambar 4).



Gambar 4. Pengaruh perlakuan jenis bahan organik terhadap kandungan C-Organik

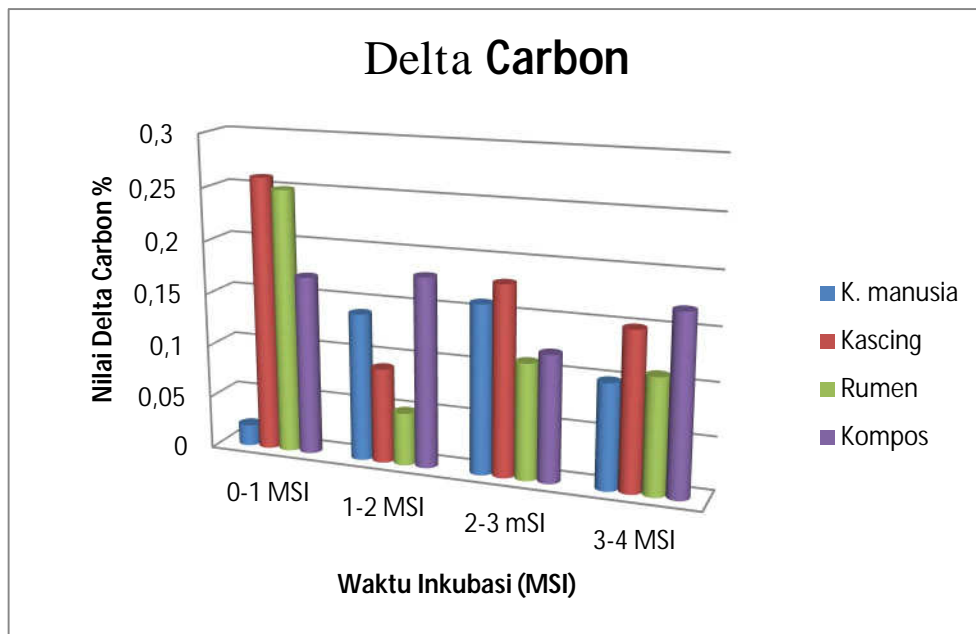
Pengaruh perlakuan terhadap pelepasan kandungan unsur hara carbon pada tiap minggunya mengalami kenaikan dan penurunan pada masa inkubasi. Pengaruh pelepasan kandungan carbon dengan menggunakan rumus delta, dapat dilihat pada (Tabel 8) dibawah ini :

Tabel 8. Perhitungan delta perlakuan jenis bahan organik terhadap pelepasan kandungan unsur hara carbon

Delta Carbon (%)				
	1 MSI – 0 MSI = delta 0-1 MSI	2 MSI – 1 MSI = delta 1-2 MSI	3 MSI – 2 MSI = delta 2-3 MSI	4 MSI – 3 MSI = delta 3-4 MSI
Kotoran manusia	0,80 - 0,72 = 0,02	0,94 - 0,80 = 0,14	1,10 - 0,94 = 0,16	1,20 - 1,10 = 0,1
Kascing	1,10 - 0,84 = 0,26	1,19 - 1,10 = 0,09	1,37 - 1,19 = 0,18	1,52 - 1,37 = 0,15
Rumen	0,89 - 0,64 = 0,25	0,94 - 0,89 = 0,05	1,05 - 0,94 = 0,11	1,16 - 1,05 = 0,11
Kompos	0,87 - 0,70 = 0,17	1,05 - 0,87 = 0,18	1,17 - 1,05 = 0,12	1,34 - 1,17 = 0,17

Berdasarkan hasil perhitungan delta pada (Tabel 8) menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan pada inkubasi minggu pertama (0-1 MSI) yang mempunyai nilai pelepasan kandungan unsur hara carbon yakni kascing yang paling tinggi berkisar 0,26% kemudian diikuti rumen sebesar 0,25% dan kompos 0,17%. Akan tetapi, pada kotoran manusia yang mempunyai nilai 0,02% pelepasan kandungan unsur hara carbon paling rendah dari yang lain.

Hasil pada waktu inkubasi minggu kedua (1-2 MSI) kompos mempunyai nilai pelepasan kandungan unsur hara carbon sebesar 0,18%, kemudian diikuti kotoran manusia 0,14%. Akan tetapi, perlakuan pada kascing dan rumen mengalami penurunan nilai pelepasan kandungan unsur hara carbon sebesar 0,09% dan 0,05% dapat dikatakan melambat dalam melepas kandungan unsur hara carbon.



Gambar 5. Pengaruh perlakuan jenis bahan organik terhadap pelepasan kandungan unsur hara carbon

Sedangkan pada waktu inkubasi minggu ketiga (2-3 MSI) menunjukkan kascing mempunyai nilai pelepasan kandungan unsur hara carbon semakin meningkat dengan nilai sebesar 0,18%, kemudian diikuti perlakuan kotoran manusia 0,016%, kompos 0,12% dan rumen 0,11%. Saat minggu ketiga ini pada perlakuan mengalami mempunyai nilai pelepasan kandungan unsur hara carbon menjadi stabil, dapat dilihat pada (Gambar 5).

Secara keseluruhan pada waktu inkubasi minggu keempat (3-4 MSI) kompos mempunyai nilai pelepasan kandungan unsur hara carbon sebesar 0,17% paling cepat memberikan kandungan unsur hara carbon, walaupun mengalami penurunan pada minggu ketiga. Berbeda dengan perlakuan kotoran manusia dan kascing pelepasan semakin melambat memberikan kandungan unsur hara carbon sebesar 0,10% dan 0,15%. Akan tetapi, perlakuan rumen mampu memberikan hasil pelepasan kandungan unsur hara carbon sebesar 0,11%.

4.2 Pembahasan

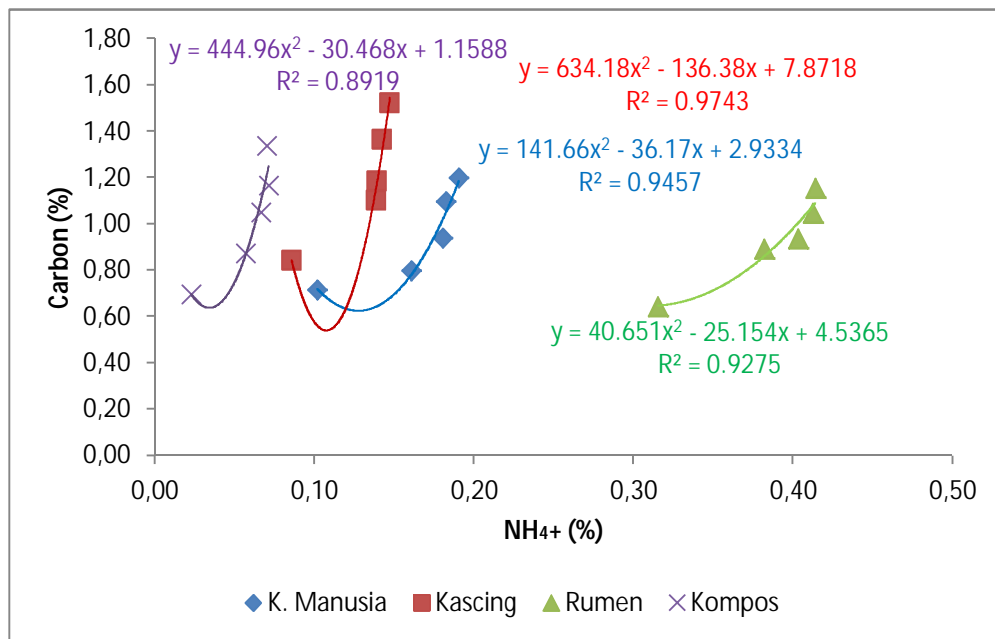
4.2.1 Hubungan Ketersediaan NH_4^+ Dengan Kandungan Unsur Hara Carbon

Berdasarkan analisis ragam menunjukkan bahwa pada waktu 0 minggu inkubasi sampai akhir inkubasi memberikan pengaruh terhadap ketersediaan NH_4^+ pada kotoran manusia mempunyai kisaran 0,10% sampai 0,19% dikatakan sangat nyata. Hal ini mempengaruhi kandungan carbon yang sangat nyata mempunyai kisaran sebesar 0,72% sampai 1,20%. Pengaruh hubungan antara ketersediaan NH_4^+ dengan kandungan unsur hara carbon selama inkubasi berlangsung. Terjadi proses dekomposisi pada kotoran manusia dan adanya proses mineralisasi, sehingga pada NH_4^+ dalam tanah meningkat setiap minggu inkubasi.

Sedangkan pada perlakuan kascing dengan waktu inkubasi 0 minggu sampai akhir inkubasi memberikan hasil NH_4^+ sebesar 0,09% sampai 0,15% menunjukkan sangat nyata. Akan tetapi pada kandungan unsur hara carbon sebesar 0,84% sampai 1,52% yang mempunyai hasil tertinggi dapat dikatakan sangat nyata dengan perlakuan yang lain.

Pengaruh perlakuan rumen terhadap ketersediaan NH_4^+ pada waktu inkubasi 0 minggu sampai akhir inkubasi mempunyai kisaran sebesar 0,31% sampai 0,41% dan sangat nyata pada uji BNT 5%, akan tetapi pada perlakuan rumen sangat nyata dengan perlakuan yang lain. Dengan perlakuan rumen pada kandungan unsur hara carbon pada

waktu inkubasi 0 minggu sampai akhir inkubasi berkisar 0,64% sampai 1,16% dapat dikatakan sangat nyata pada uji BNT 5%. Kemudian pada waktu 0 minggu inkubasi sampai 1 minggu setelah inkubasi pada kandungan unsur hara karbon dari perlakuan kompos dengan nilai rata-rata 0,07% dan 0,87% menunjukkan bahwa sangat nyata, pada waktu inkubasi 2 minggu setelah inkubasi sampai 4 minggu setelah inkubasi yang memberikan hasil 1,05% sampai 1,34%. Sedangkan pada perlakuan kompos dengan waktu inkubasi 0 minggu sampai akhir inkubasi memberikan hasil 0,02% sampai 0,07% sangat nyata dan dapat dikatakan ketersediaan NH_4^+ paling rendah dengan yang lain. Peningkatan kompos yang terjadi waktu inkubasi karena melakukan proses penguraian dari mikroorganisme, ada pula faktor yang dapat mempengaruhi proses penguraian antara lain suhu, iklim dan pH. Dengan suhu 28°C - 31°C mampu melakukan perombakan yang baik dan dibantu oleh mikroorganisme dalam proses penguraian pada bahan kompos. Dengan demikian perlakuan dari kompos dapat menjaga fungsi tanah dan dapat menambah unsur hara dalam tanah.



Gambar 6. Hubungan antara NH₄⁺ dengan Carbon pada jenis bahan organik selama inkubasi

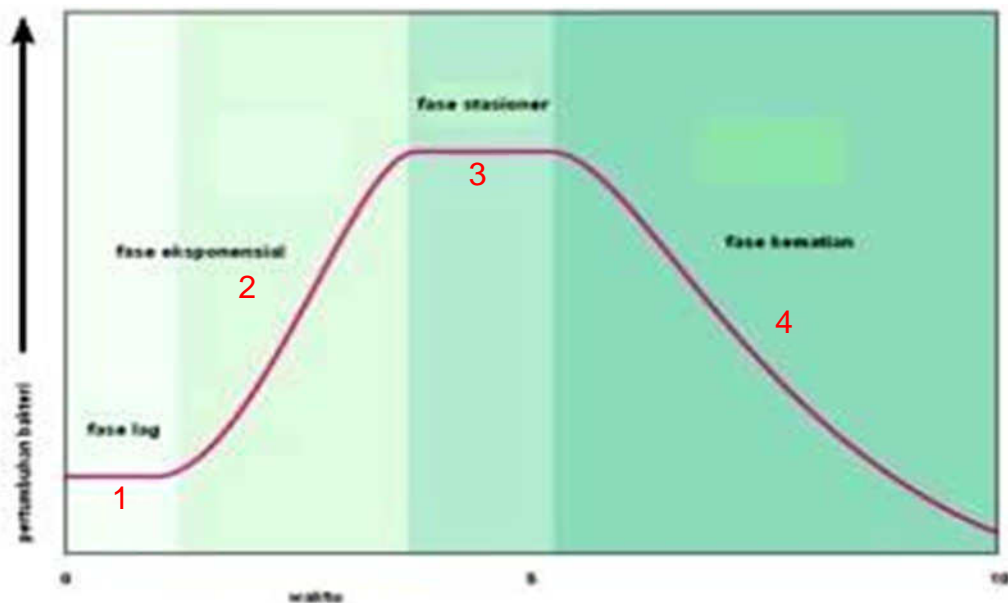
Hasil analisis pada (Gambar 6) menunjukkan dari pengaruh kompos, rumen, kotoran manusia dan kascing terhadap ketersediaan NH₄⁺ selalu diikuti dengan peningkatan kandungan unsur hara carbon, dengan membentuk hubungan secara polynomial dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,8919$ perlakuan kompos paling rendah sebesar 89% akan mempengaruhi ketersediaan NH₄⁺ sehingga kandungan carbon juga meningkat, 11% lainnya dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9275$ perlakuan rumen sebesar 92% akan mempengaruhi ketersediaan NH₄⁺ sehingga kandungan carbon juga meningkat, 8% lainnya dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9452$ kotoran manusia sebesar 94% akan mempengaruhi ketersediaan NH₄⁺ sehingga kandungan carbon juga meningkat, 6% lainnya dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai koefisien

determinasi $R^2 = 0,9743$ kascing paling tinggi akan mempengaruhi ketersediaan NH_4^+ sehingga kandungan carbon juga meningkat, 3% lainnya dipengaruhi oleh faktor lain. Adapun faktor yang mempengaruhi terjadinya perbedaan dari ketersediaan NH_4^+ dengan kandungan C-Organik yakni terdapat suhu, kelembaban dan pH.

Tingkat kelembaban pada kascing paling tinggi dari pada keadaan alami tanah. Beberapa peneliti menyatakan bahwa kotoran cacing dapat lebih stabil dibandingkan dengan agregat alami dari tanah (Didden, 1990). Pengaruh perlakuan rumen mengalami proses dekomposisi dan degradasi yang terjadi dari beberapa enzim yang terdapat di dalam rumen. Hal ini sesuai dengan Arora (1995) menyatakan bahwa kandungan dalam rumen mempunyai protein pakan yang akan mengalami proses degradasi menjadi peptida-peptida dan akhirnya menjadi asam-asam amino. Terjadi peningkatan diduga adanya proses pencernaan yang dilakukan mikroorganisme terdapat reaksi pembakaran antara unsur carbon dan oksigen menjadi kalori dan karbon dioksida (CO_2). Karbon dioksida ini dilepas menjadi gas, kemudian unsur nitrogen yang terurai ditangkap oleh mikroorganisme untuk membangun tubuhnya.

4.2.2 Hubungan Populasi Mikroorganisme Dengan Ketersediaan NH_4^+

Pertumbuhan didefinisikan sebagai pertambahan kuantitas konstituen seluler dan struktur organisme yang dapat dinyatakan dengan ukuran, diikuti pertambahan jumlah, pertambahan ukuran sel, pertambahan berat atau massa dan parameter lain. Sebagai hasil pertambahan ukuran dan pembelahan sel atau pertambahan jumlah sel maka terjadi pertumbuhan populasi mikroorganisme.



Gambar 7. Kurva pertumbuhan mikroorganisme

Keterangan : 1. Fase lag (adaptasi/penyesuaian)
2. Fase eksponensial (logaritmik)
3. Fase stasioner
4. Fase kematian

Hasil analisis jumlah populasi mikroorganisme pada penelitian ini menunjukkan pada fase eksponensial (logaritmik). Pengertian fase eksponensial (logaritmik) adalah pertumbuhan mikroorganisme setelah memperoleh kondisi ideal dalam pertumbuhannya, sel melakukan pembelahan yang mengalami penyesuaian diri dengan lingkungan baru

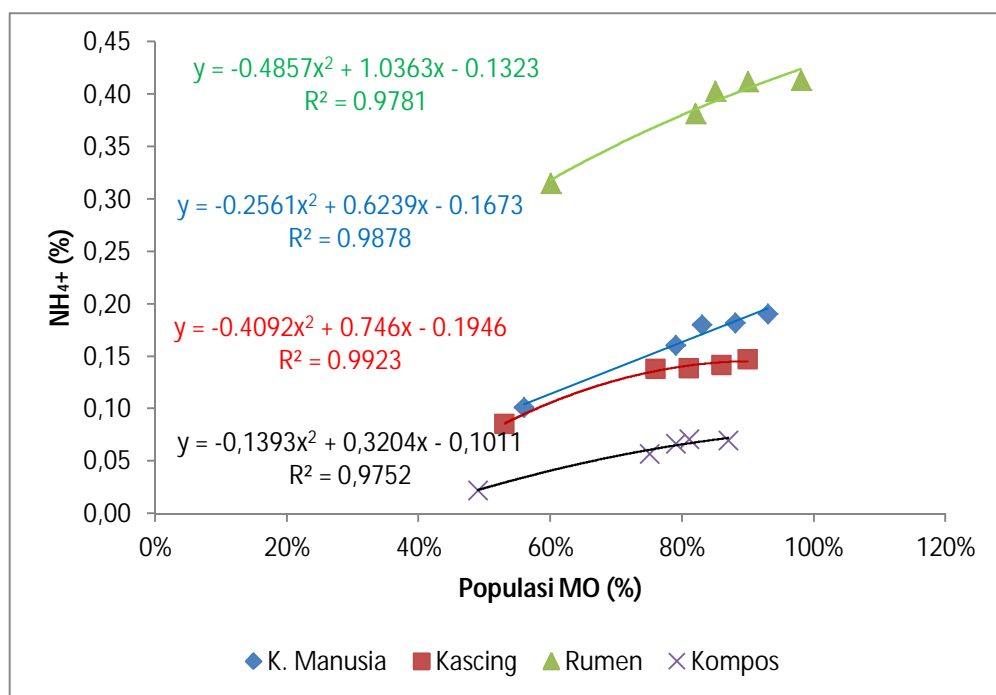
selama fase lag, maka mulailah meningkatkan jumlah sel sehingga apabila dilihat dalam kurva akan tampak meningkat dengan tajam, Namun peningkatan ini harus diimbangi dengan beberapa faktor, diantaranya adanya kandungan sumber nutrisi sebagai bahan makanan pada mikroorganisme tersebut, Apabila tidak ada kandungan sumber nutrisi maka mikroorganisme tidak akan berkembang biak dan kurva juga tidak akan menunjukkan peningkatan (Purwoko, 2007).

Populasi mikroorganisme dalam penelitian ini tidak dapat dihitung populasi dengan satuan CFU (Coloni Form Unit), untuk menunjukkan hubungan populasi mikroorganisme dengan ketersediaan NH_4^+ maka dilakukan pembagian grade atau tingkatan dalam satu cawan petri. Dengan demikian saya akan membagi menjadi 5 tingkatan yaitu pada 0 - 20% dikatakan sedikit, > 20% - 40% cukup, > 40% - 60% cukup banyak, > 60% - 80% banyak, dan > 80% - 100% sangat banyak. Hasil pengamatan tingkatan pertumbuhan mikroorganisme sebagai berikut ini :

Tabel 9. Pembagian Tingkatan Pertumbuhan Populasi Mikroorganisme

Perlakuan	Pertumbuhan populasi mikroorganisme				
Kotoran Manusia	56%	79%	83%	88%	93%
Kascing	53%	76%	81%	86%	90%
Rumen	60%	82%	85%	90%	98%
Kompos	49%	75%	79%	81%	87%
rerata	55%	78%	82%	86%	92%

Meskipun dapat diketahui hasil pembagian tingkatan pertumbuhan, akan tetapi populasi mikroorganisme tetap berada pada posisi fase eksponensial (logaritmik) dalam kurva pertumbuhan mikroorganisme. Hal ini karena jumlah populasi mikroorganisme pada masa inkubasi semakin meningkat dapat dilihat pada (Tabel 9). Hubungan populasi mikroorganisme dengan ketersediaan NH_4^+ menggunakan grafik sebagai berikut :



Gambar 8. Hubungan antara populasi mikroorganisme dengan ketersediaan NH_4^+ pada jenis bahan organik selama inkubasi

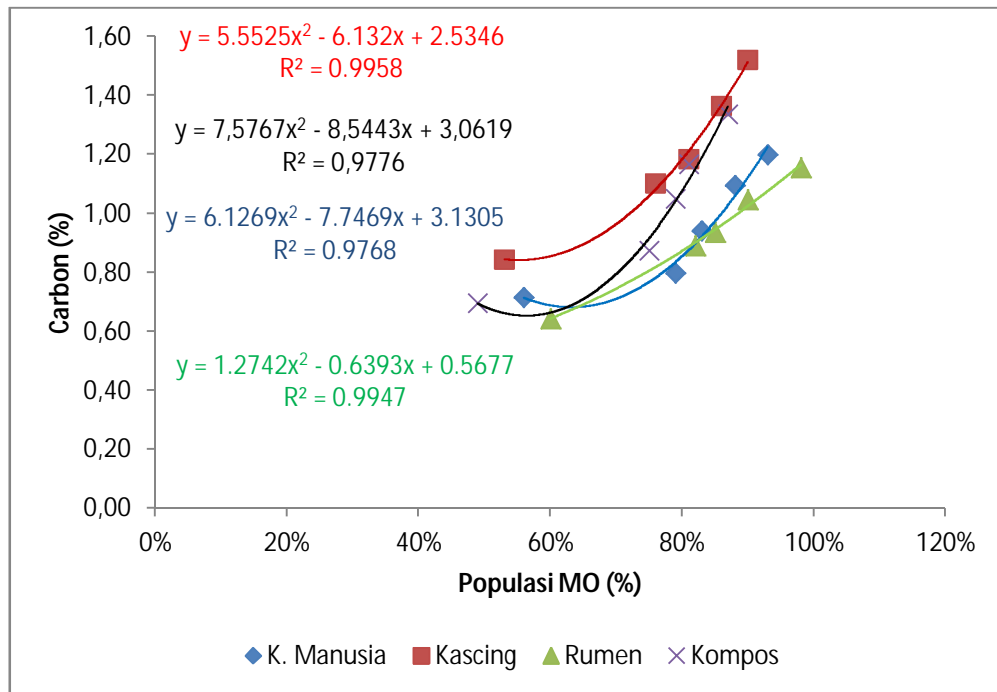
Gambar 8 menunjukkan bahwa pengaruh kompos, rumen, kotoran manusia dan kascing terhadap populasi mikroorganisme selalu diikuti dengan peningkatan ketersediaan NH_4^+ , dengan membentuk hubungan secara polynomial dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9752$ (kompos) paling rendah, $R^2 = 0,9781$ (rumen), $R^2 = 0,9878$ (kotoran manusia), dan $R^2 = 0,9923$ (kascing) paling tinggi. Proses

penguraian mikroorganisme dengan ketersediaan NH_4^+ dalam tanah selama inkubasi semakin meningkat, jumlah populasi mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah akan mampu menggunakan molekul nitrogen dalam atmosfer sebagai sumber nitrogen. Penambahan N non-simbiotik dapat terjadi di atmosfer akibat N oksida yang terbentuk oleh perombakan dapat mengalami fotokimia dan nitrogen yang terikat dengan cara jatuh ke tanah bersama air.

Marschner (1995) menyatakan bahwa aktivitas mikroorganisme menentukan reaksi mineralisasi, mobilisasi dan asimilasi mikroorganisme sama dengan kemampuan tanaman menyerap unsur hara. Sehingga jika ada tambahan ketersediaan NH_4^+ dari bahan organik akan terjadi persaingan antara mikroorganisme dengan unsur yang lain dalam mendapatkan N. Adapun faktor yang mempengaruhi terjadinya penguraian ketersediaan NH_4^+ yaitu iklim, suhu, kelembaban, dan pH. Sehingga sesuai untuk berkembangbiakkan mikroorganisme sebagai pengurai serta ketersediaan N di dalam tanah.

4.2.3 Hubungan Populasi Mikroorganisme Dengan Kandungan Unsur Hara Carbon

Populasi mikroorganisme dalam penelitian ini tidak dapat dihitung populasi dengan satuan CFU (Coloni Form Unit), untuk menunjukkan hubungan populasi mikroorganisme dengan kandungan unsur hara carbon maka dilakukan pembagian grade atau tingkatan dalam satu cawan. Hasil pengamatan tingkatan pada pertumbuhan mikroorganisme dapat dilihat pada (Tabel 9).



Gambar 9. Hubungan antara populasi mikroorganisme dengan kandungan unsur hara Carbon pada jenis bahan organik selama inkubasi

Pengaruh kotoran manusia, kompos, rumen dan kasing dapat dilihat pada (Gambar 9) menunjukkan bahwa populasi mikroorganisme selalu diikuti peningkatan kandungan unsur hara carbon. Dengan membentuk hubungan secara polynomial dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9768$ (kotoran manusia) paling rendah, $R^2 = 0,9776$ (kompos), $R^2 = 0,9947$ (rumen) dan $R^2 = 0,9958$ (kasing) paling tinggi. Hal ini sesuai dengan Stafford et al (1978) menyatakan bahwa dalam proses pencernaan oleh mikroorganisme terjadi reaksi pembakaran antara unsur karbon dan oksigen. Sehingga dari jumlah mikroorganisme yang melakukan perombakkan akan diserap oleh carbon dan akan terlepas di udara.

Bahan organik akan mengalami proses dekomposisi secara bertahap, dengan adanya beberapa kandungan hara di dalam bahan organik akan melepas ikatan carbon yang kompleks menjadi ikatan –

ikatan sederhana. Akibat penggunaan kandungan unsur hara carbon oleh mikroorganisme mendapatkan sumber energi untuk keperluan hidupnya melalui proses respirasi. Sehingga bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi akan mempunyai kandungan unsur hara carbon semakin meningkat. Akan tetapi ada pula faktor yang dapat mempengaruhi proses penguraian antara lain suhu, iklim dan pH. Dengan mempunyai suhu berkisar 28°C - 31°C mampu melakukan perombakan yang baik, sehingga semakin tinggi kandungan carbon yang dilepas melalui udara maka akan semakin tinggi pula perkembangbiakkan mikroorganisme pada metabolisme karbohidrat dalam tanah (Zimmerman, 1997).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian dan pembahasan dibawah ini :

1. Rumen memberikan ketersediaan NH_4^+ semakin meningkat dan lebih cepat kehilangan NH_4^+ pada entisol yang selama inkubasi
2. Kascing memberikan kandungan carbon semakin meningkat dan pemberian kandungan C-organik sangat lambat pada entisol yang selama inkubasi
3. Kascing memberikan bahan organik yang paling baik karena adanya hubungan populasi mikroorganisme selalu diikuti dengan peningkatan NH_4^+ dan kandungan C-organik pada entisol selama inkubasi

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan waktu inkubasi yang lebih lama agar memperoleh hasil maksimal untuk menentukan ketersediaan NH_4^+ dan kandungan C-organik
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan aplikasi tanaman sehingga dapat mengetahui interaksi ketersediaan NH_4^+ dan C-organik terhadap tanaman tersebut
3. Petani dapat menggunakan rumen untuk pupuk tambahan karena rumen mampu menyediakan NH_4^+ paling tinggi

DAFTAR PUSTAKA

- Alvarez, M.A.B., S. Gagne and H. Antoun. 1995. Effect of compost on rhizospheremicroflora of the tomato and on the incidence of plant growth-promoting rhizobacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 61 (1): 194-199.
- Arora, S.P., 1995. *Pencernaan Mikroba Pada Ruminansia*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Atmojo, S. W. 2003. Peranan Bahan Organik terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. Pidato Pengukuhan Guru Besar Ilmu Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Diucapkan di muka Sidang Senat Terbuka Universitas Sebelas Maret Surakarta pada Tanggal 4 Januari 2003.
- Bachtiar, E., 2006. *Ilmu Tanah*. Meda : Fakultas Pertanian USU.
- Bais, H.P.,T.L. Weir, L.G. Perry, S. Gilroy and J.M. Vivanco. 2006. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annu. Rev. Plant Biol.* 57:233–66. doi: 10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159
- Barea, J.M., M.J. Pozo, R. Azcón and C. Azcón-Aguilar. 2005. Microbial cooperation in the rhizosphere. *J. of Exp. Botany*, 56 (417), pp. 1761–1778, doi:10.1093/jxb/eri197
- Becking, J.H., 1992. The family Azotobacteraceae. In: Balows, A., Trüper, G.H., Dworkin, M., Harder, W., Schleifer, K.H. (Eds.), *The Prokaryotes, A Handbook on the Biology of Bacteria: Ecophysiology, Isolation, Identification, Applications*. 2nd ed., vol. 4, Springer, Germany, pp. 3144- 3170.
- Blakely and Bade., 1998. *Ilmu Peternakan*. Terjemahan Bambang Srigandono. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Chutikul, K. 1975. Ruminant (Buffalo) Nutrition, in *The Asiatic Water Buffalo, Proceeding of an International Symposium held at khon kaen. Thailand, March 31- April 6*. Food and Fertilizer Tecnology Centre, Taipei, Taiwan.
- Delgado, J. A. and R. F. Follett. 2002. Carbon and Nutrient Cycles. *J. Soil and Water Conserv.*
- Didden, W.A.M. 1990. Involvement of Enchytraeidae (Oligochaeta) in Soil Structure Evolution in Agriculture Fields. *Biol. Fertil. Soil* (9) : 152-158.

- Direktorat Jendral Pertanian RI. 2006. Peraturan Menteri Pertanian RI. No.02/Permentan/HK. 060/2/2006 tentang Pupuk organik dan pembenah tanah.Kementan RI, Jakarta.
- Direktorat Jendral Pertanian RI. 2009. Peraturan Menteri Pertanian RI. No. 28/Permentan/SR.130/5/2009 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik.Kementan RI, Jakarta.
- FAO Committee on Agriculture (COAG). 1999. Based on Organic Agriculture. Rome on 25-26 January 1999.
- Hadisuwito, S. 2012. Membuat Pupuk Organik Cair. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Hairiah K, Van Noordwijk M and Cadisch G, 2000. Carbon and Nitrogen balance of three cropping systems in N. Lampung. Neth.J. Agric. Sci. 48 (2000): 3-17.
- Hakim, N., M. Y. Nyakpa, A.M. Lubis S. G. Nugroho, M.R. Saul, M.A. Diha, G.B Hong, dan H. Bailey. 1988. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung. Lampung.
- Haryati, T. 2006. Limbah Peternakan Yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. Balai Penelitian Ternak : Bogor
- Kononova, M. M., 1961. Soil Organic Matter. T. Z.Nowakowski and greenwood (trans.). Pergamon, Oxford.
- Krishnawati, D. 2003. Pengaruh Pemberian Pupuk Kascing terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* Linn). Jurnal Kanpa 4 (1) : 9 – 12.
- Marschner. H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. (2nd Edition). Academic Press, London.
- Marsono dan Paulus, S. 2001. Pupuk Akar : Jenis dan Aplikasi. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Mc. Donald, P., R. Edward and J. Greenhalgh. 2002. Animal Nutrition. 6th edition, New York.
- Mc. Garry, M. G. and J. Stainforth. 1989. Compost, fertilizer and biogas production from human and farm wastes in the People's Republic of China. IDRC-TS 8e. Ottawa, Canada.
- Murbandono, L. H. S. 2008. Membuat Kompos, Penerbit Penebar Swadaya, Jakarta. Hal. 5-8.

- Musnawar. 2009. Pupuk Organik : Cair dan Padat, Pembuatan Aplikasi. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Parmelee, R.W., M.H. Beare, W. Cheng, P.F. Hendrix, S.J. Rider, D.A. Crossley Jr., and D.C. Coleman. 1990. Earthworm and Enchytraeids in conventional and no- tillage agroecosystems: A biocide approach to asses their role in organic matter breakdown. Biol. Fertil. Soils 10: 1-10.
- Ranjhan, S.K. and Pathak, N.N. 1979. Management and Feeding of Buffalo, Vikas Publ House put, New Delhi.
- Rosmarkam, A. dan N. W. Yuwono. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Kanisius, Yogyakarta.
- Sastrosupadi. A. 2000. Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian. Kanisius. Yogyakarta.
- Schwert, D.P. 1990. Oligochaeta: Lumbricidae. in: D.L. Dindal (Ed), Soil Biology Guide, A Willey Interscience Publication. John Wiley and sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Setyamidjaja D.1986. Pupuk dan Pemupukan. Simplex. Jakarta.
- Sihombing, D. T. H. 1988. Biogas from biological waste for rural household in Indonesia. In. K. Abdullah, Bogor Agricultural University, Indonesia and O. Kitani. Tokyo University Agriculture, Tokyo. Japan.
- Soepardi, G. 1979. Sifat dan Ciri Tanah. Departemen Ilmu-Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, IPB. Bogor
- Soeprattohardjo, M. 1980. Jenis-Jenis Tanah Di Indonesia. Penataran PPS, Bidang Ilmu Tanah Dan Pemupukan, IPB. Bogor
- Smith, J.H. and J.R. Peterson. 1982. Recycling of nitrogen through land application of agricultural, food processing, and municipal wastes. In F. J. Stevenson (ed.) Nitrogen in Agricultural Soils. Wisconsin: ASA.
- Stafford, A. D., D. L. Hawkes and R. Horton. 1978. Methane production from waste organic matter. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Sunu, P. dan Wartoyo S. P. 2006. Buku Ajar Dasar Hortikultura Jurusan/Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian-Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Sutardi, T. 1980. Landasan Ilmu Nutrisi. Jilid 1. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Tillman, A.D., H. Hartadi, S. Reksohadiprodjo dan S. Prawirokusumo. 1991. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Yulipriyanto, H. 2010. Biologi Tanah dan Strategi Pengelolaannya. Graha Ilmu, Yogyakarta.

Yuwono, D. 2005. Pembuaan Kompos. Penebar swadaya. Jakarta.

Zimmerman, C.F. 1997. Determination of Carbon and Nitrogen in sediment and particular of Estuarine/coastal Water Using Element Analysis. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.

Lampiran 1. Pemberian Dosis Perpolybag

A. Kadar Air pada tanah entisol

1. Menimbang 5 gr contoh tanah kering udara
2. Mengeringkan tanah ke dalam oven pada suhu 105⁰C selama 24 jam dengan pinggan aluminium
3. Kemudian angkat pinggan aluminium dengan penjepit dan masukkan ke dalam desikator, setelah contoh tanah dingin lalu ditimbang

$$\begin{aligned}\text{Kehilangan bobot} &= (\text{tanah} + \text{ring}) - \text{contoh tanah oven} \\ &= (5 \text{ gr} + 3 \text{ gr}) - 7,63 \text{ gr} \\ &= 8 - 7,63 \text{ gr} \\ &= 0,329 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = (\text{kehilangan bobot/bobot contoh}) \times 100$$

$$= \frac{0,329}{5} \times 100$$

$$= 6,56 \%$$

B. Menghitung berat tanah per polybag

Pemberian tanah/polybag 3kg tetapi ditambah KA, tujuannya agar dapat diketahui kandungan air dalam tanah entisol cara yang digunakan sebagai berikut :

$$3 \text{ kg} = 3.000 \text{ gr}$$

$$\text{KA} \times \text{berat tanah/ polybag (sebelum dikonversikan dengan KA)}$$

$$\frac{0,329}{5} \times 30.000 = 1968 \text{ gr}$$

$$3000 \text{ gr} + 196,8 \text{ gr} = 3196,8 \text{ gr}$$

Pemberian tanah/polybag menjadi 3,1968 kg

C. Menghitung dosis pupuk organik per polybag

Berat tanah 1 ha = 2600 ton/ha atau 2.600.000 kg/ha

Dosis pupuk organik/ha = 30 ton/ha atau 30.000 kg/ha

$$\frac{\quad /}{\quad /} = \frac{\quad /}{\quad /}$$

$$\frac{\cdot \quad \cdot}{\cdot} = \frac{\cdot}{\cdot}$$

$$3,1968\text{kg} \times 30.000\text{kg} = 2.600.000\text{kg} \quad \cancel{X}$$

$$\frac{\quad}{\cdot \quad \cdot} = 0,036886 \text{ kg}$$

$$X = 36,89 \text{ gr}$$

$$\text{Dosis pupuk organik/ polybag} = 36,89 \text{ gr} + 196,8 \text{ gr}$$

$$= 233,69 \text{ gr}$$

Lampiran 2. Penetapan N Metode Pembangkit Warna Indofenol Biru

Dasar penetapan

Peralatan

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| 1. Neraca analitik | 7. Dispenser |
| 2. Tabung digestion & blok digestion | 8. Tabung reaksi |
| 3. Labu didih 250 ml | 9. Pengocok tabung |
| 4. Erlenmeyer 100 ml bertera | 10. Alat Spektrofotometer |
| 5. Buret 10 ml | |
| 6. Pengaduk magnetic | |

Pereaksi Spektrofotometer

1. Standar 0 Encerkan ekstrak blanko dengan air bebas ion menjadi 50 ml. Jumlah blanko yang dikerjakan disesuaikan dengan volume standar 0 yang diperlukan.
2. Standar pokok 1000 ppm N Timbang 4,7143 serbuk $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ p.a. (yang telah dikeringkan pada 100°C selama 4 jam) ke dalam labu ukur 1 l. Tambahkan air bebas ion hingga tepat 1 l dan kocok hingga larutan homogen.
3. Standar 20 ppm N Buat dengan memipet 2 ml standar pokok 1.000 ppm N ke dalam labu ukur 100 ml dan diencerkan dengan standar 0 hingga tepat 100 ml.
4. Deret standar 0-20 ppm N Pipet 0; 1; 2; 4; 6; 8 dan 10 ml standar N 20 ppm masing-masing ke dalam tabung reaksi. Tambahkan standar 0 hingga semuanya menjadi 10 ml. Deret standar ini

memiliki kepekatan 0; 2; 4; 8; 12; 16 dan 20 ppm N. Lakukan pengocokan pada setiap pencampuran.

5. Larutan Na-fenat Timbang 100 gram serbuk NaOH p.a. dan dilarutkan secara perlahan sambil diaduk dengan sekitar 500 ml air bebas ion di dalam labu ukur 1 l. Setelah dingin tambahkan 125 g serbuk fenol dan aduk hingga larut. Diencerkan dengan air bebas ion sampai 1 l.
6. Larutan sangga Tartrat Timbang 50 gram serbuk NaOH p.a. dan dilarutkan secara perlahan sambil diaduk dengan sekitar 500 ml air bebas ion di dalam labu ukur 1 l. Setelah dingin tambahkan 50 g serbuk K, Na-tartrat dan aduk hingga larut. Encerkan dengan air bebas ion sampai 1 l.
7. Natrium hipoklorit (NaOCl) 5%

Cara kerja pengukuran N dengan spektrofotometer

1. Menimbang 0,500 gr contoh tanah ukuran <0,5 mm, masukan ke dalam tabung reaksi.
2. Menambahkan air aquades kedalam tabung reaksi yang berisi contoh tanah, setelah itu dikocok terlebih dahulu sebelum disaring yang menggunakan kertas saring.
3. Kemudian pipet ke dalam tabung reaksi masing-masing 2 ml ekstrak dan deret standar.
4. Menambahkan berturut-turut larutan Sangga Tartrat dan Na-fenat masing-masing sebanyak 4 ml, kocok dan biarkan 10 menit.

5. Menambahkan 4 ml NaOCl 5 %, kocok dan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 636 nm setelah 10 menit sejak pemberian pereaksi ini.
6. Catatan: Warna biru indofenol yang terbentuk kurang stabil. Upayakan agar diperoleh waktu yang sama antara pemberian pereaksi dan pengukuran untuk setiap deret standar dan contoh.

Perhitungan

Kadar nitrogen (%)

$$\begin{aligned}
 &= \text{ppm kurva} \times (\text{ml ekstrak } 1000 \text{ ml}^{-1}) \times (100/\text{mg contoh}) \times \text{fp} \times \text{fk} \\
 &= \text{ppm kurva} \times (50 \text{ } 1.000^{-1}) \times (100 \text{ } 500^{-1}) \times \text{fp} \times \text{fk} \\
 &= \text{ppm kurva} \times 0,01 \times \text{fp} \times \text{fk}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.

100 = konversi ke %

fp = faktor pengenceran (bila ada) fk = faktor koreksi kadar air
 = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

Lampiran 3. Penetapan C-organik Metode Walkey Black

Dasar penetapan

Karbon sebagai senyawa organik akan mereduksi Cr^{6+} yang berwarna jingga menjadi Cr^{3+} yang berwarna hijau dalam suasana asam. Intensitas warna hijau yang terbentuk setara dengan kadar karbon dan dapat diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 561 nm.

Peralatan

1. Neraca analitik
2. Spektrofotometer
3. Labu ukur 100 ml
4. Pipet volume 5 ml
5. Dispenser 10 ml

Pereaksi

1. Asam sulfat pekat
2. Kalium dikromat 1 N Larutkan 98,1 gr kalium dikromat dengan 600 ml air bebas ion dalam piala gelas, tambahkan 100 ml asam sulfat pekat, panaskan hingga larut sempurna, setelah dingin diencerkan dalam labu ukur 1 l dengan air bebas ion sampai tanda garis.
3. Larutan standar 5.000 ppm C Larutkan 12,510 g glukosa p.a. dengan air suling di dalam labu ukur 1 l dan diimpitkan.

Cara kerja pengukuran C-organik

1. Menimbang 0,25 gr contoh tanah ukuran <0,5 mm, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml.
2. Menambahkan 5 ml $K_2Cr_2O_7$ 1 N, lalu dikocok.
3. Kemudian tambahkan 7,5 ml H_2SO_4 pekat, dikocok lalu diamkan selama 30 menit. Diencerkan dengan air bebas ion, biarkan dingin dan diimpitkan.
4. Kemudian pada keesokan harinya diukur absorbansi larutan jernih dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 561 nm. Sebagai pembanding dibuat standar 0 dan 250 ppm, dengan memipet 0 dan 5 ml larutan standar 5.000 ppm ke dalam labu ukur 100 ml dengan perlakuan yang sama dengan pengerjaan contoh.
5. Catatan: Bila pembacaan contoh melebihi standar tertinggi, ulangi penetapan dengan menimbang contoh lebih sedikit. Ubah faktor dalam perhitungan sesuai berat contoh yang ditimbang.

Perhitungan

Kadar C-organik (%)

$$\begin{aligned} &= \text{ppm kurva} \times (\text{ml ekstrak } 1.000 \text{ ml}^{-1}) \times (100 \text{ mg contoh}^{-1}) \times \text{fk} \\ &= \text{ppm kurva} \times (100 \text{ } 1.000^{-1}) \times (100 \text{ } 500^{-1}) \times \text{fk} \\ &= \text{ppm kurva} \times 10 \text{ } 500^{-1} \times \text{fk} \end{aligned}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.

100 = konversi ke %

fk = faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

Lampiran 4. Penetapan Populasi Mikroorganisme

Sterilisasi Alat

Cara kerja :

1. Semua alat dari kaca yang akan digunakan dicuci menggunakan sabun dan dibilas air mengalir sampai bersih selanjutnya dikeringkan
2. Setelah kering, untuk cawan petri dibungkus kertas sampul coklat atau kertas bekas, tabung reaksi dan Erlenmeyer disumbat kapas/aluminium foil/tutup karet. Tahapan ini dilakukan dengan tujuan mengurangi kontaminan yang masuk ke cawan petri, tabung reaksi dan Erlenmeyer.
3. Semua alat yang telah siap disterilisasikan menggunakan autoclave dan oven dengan cara kerja seperti diuraikan pada materi I yaitu cara pemakaian autoclave dan oven.

Selain sterilisasi alat dan media, pada prosedur kerja mikrobiologi dikenal teknik aseptik yang bertujuan untuk mengurangi keberadaan mikroba kontaminan. Teknik aseptik digunakan setiap akan melakukan pekerjaan yang berhubungan dengan mikroba seperti menyemprot seluruh bagian dalam LAF menggunakan alkohol 70%, memijarkan jarum ose ketika akan digunakan di atas lampu Bunsen, memutar cawan petri saat dibuka dan mulut tabung reaksi saat dibuka sebelum atau sesudah digunakan didekatkan pada lampu bunsen.

Media Nutrient Agar (NA)

Bahan : 20 gr nutrient agar, 1000 ml aquades, label

Alat : beaker glas, Erlenmeyer, timbangan analitik, autoclave

Cara membuat :

1. Menimbang 23 gr NA, larutkan dalam 1000ml aquades dan aduk sampai homogen
2. Menuangkan ke Erlenmeyer dan atur pH nya menjadi 6-7 dengan menambahkan larutan HCl 1 N atau NaOH 1 N dan diukur dengan pH indicator universal
3. Kemudian menyeterilisasikan media menggunakan autoclave

Metode Seri Pengenceran

Cara kerja :

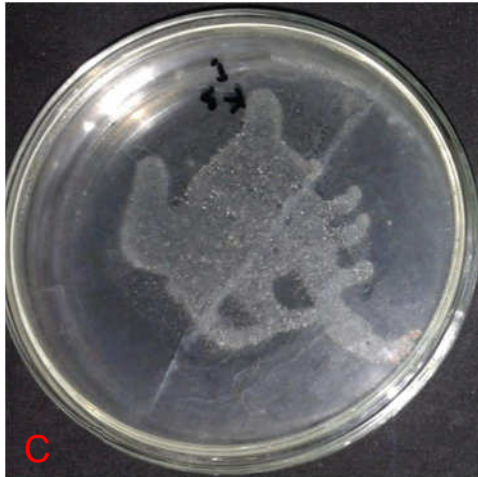
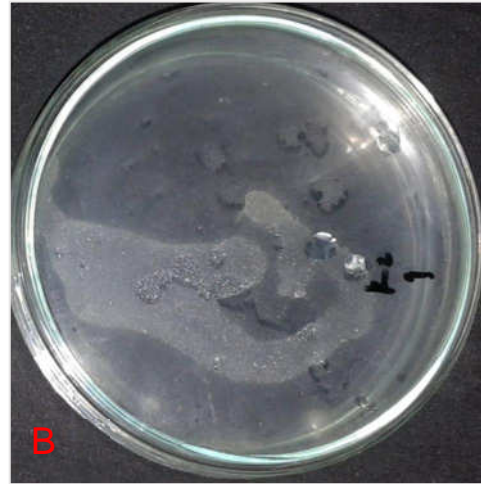
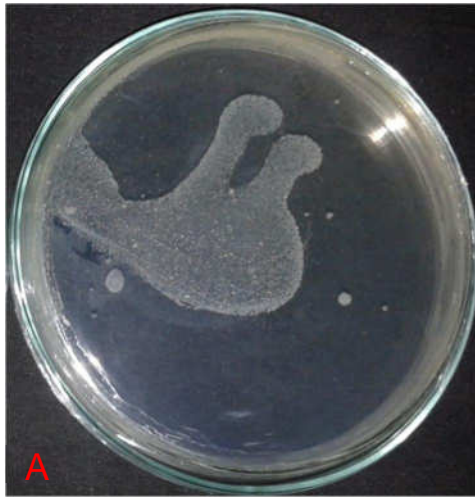
1. Menyiapkan media NA dalam cawan petri dengan menuang/plating 10ml media ke cawan petri, diamkan media memadat dan ulang masing-masing dua (2) kali untuk isolasi mikroba daari tanah
2. Menimbang 1 gr tanah dan ambil 1 ml air kemudian lakukan pengenceran secara bertingkat
3. Memasukkan sampel tanah ke dalam tabung pengenceran pertama ($1/10$ atau 10^{-1}) secara aseptis. Perbandingan berat sampel dengan volume tabung pertama adalah 1:9
4. Kemudian dikocok sampai homogen, pengocokan dilakukan dengan cara membenturkan tabung ke telapak tangan sampai

homogen. Mengambil 1 ml dari tabung 10^{-1} dengan mikropipet kemudian dipindahkan ke tabung 10^{-2} secara aseptis dikocok dengan membenturkan tabung ke telapak tangan sampai homogen. Pemindahan dilanjutkan hingga tabung pengenceran terakhir dengan cara yang sama.

5. Mengambil 1 ml suspensi dari tabung 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-10} , inokulasikan pada media NA menggunakan teknik spread plate yaitu ambil 0,1 ml suspensi menggunakan mikropipet kemudian teteskan di atas permukaan media yang telah memadat.
6. Mengambil batang L kemudian disemprot alkohol 70% dan dibakar di atas Bunsen beberapa saat, kemudian didinginkan dan ditunggu beberapa detik.
7. Kemudian diinkubasikan pada suhu kamar (28°C).

Lampiran 5. Hasil Pengamatan Populasi Mikroorganisme

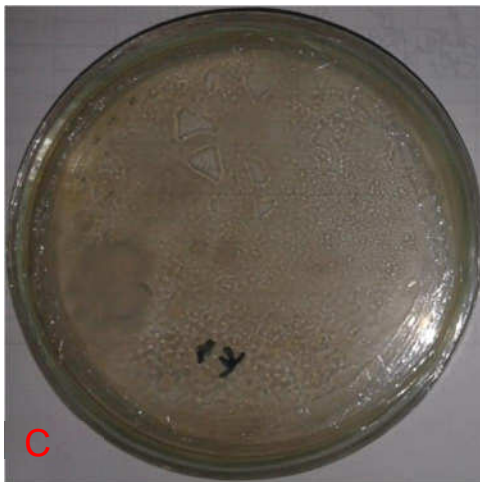
Awal Inkubasi



Keterangan :

- A. Populasi Mikroorganisme kotoran manusia
- B. Populasi Mikroorganisme kascing
- C. Populasi Mikroorganisme rumen
- D. Populasi Mikroorganisme komops

Akhir Inkubasi



Keterangan :

- A. Populasi Mikroorganisme kotoran manusia
- B. Populasi Mikroorganisme kasing
- C. Populasi Mikroorganisme rumen
- D. Populasi Mikroorganisme komops